

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACION PREVIA A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

**“ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA CUICOCHA-
APUELA DEL KM 32 AL KM 38, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE
IMBABURA, UTILIZANDO EL SISTEMA CONSOLID”**

JOSÉ JULIÁN AGUIRRE

MANUEL PRADO

DIRECTOR:

ING. JUAN CARLOS MONTERO

QUITO, 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, nuestros padres, la universidad y nuestros profesores por formar parte de este proceso y permitirnos culminar con éxitos nuestra formación profesional. De igual manera con especial gratitud agradecemos a nuestros director de la disertación, el Ing. Juan Carlos Montero por guiarnos y aportar con su conocimiento para que este trabajo se lo haya desarrollado con la excelencia requerida.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, por el don de la vida y ser la guía en mi existencia.

A mi madre, por el amor y preocupación constante y por creer siempre en mí.

A mi padre, por ser ejemplo y por enseñarme como perseguir mis sueños.

A mis hermanos, por ser ellos una razón para tratar siempre de mejorar y ser su referente.

A mi novia, por su amor, apoyo y comprensión incondicional.

JOSÉ JULIÁN

Quiero dedicar este trabajo a mi mamá por todo el apoyo que he recibido por parte de ella a lo largo de mi carrera y mi vida.

A mi papá por los consejos y guías impartidas

A mis amigos por las vivencias y anécdotas

A Dios por su protección e iluminación

MANUEL PRADO

RESUMEN

JUSTIFICACIÓN

La presente disertación culminó con la factibilidad de la aplicación del sistema Consolid en la estabilización de la vía Cotacachi-Apuela, información que será de utilidad para entidades que requieran estudios preliminares para la inversión en proyectos viales dentro del tramo estudiado o en sus ramales aledaños, así como una opción dentro del proceso constructivo de las mismas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente disertación pretende plantear una solución técnica para la estabilización de un suelo trópico-andino, con la finalidad de mejorar las propiedades y comportamientos mecánicos del suelo de la subrasante, de manera tal que lo transforme en un material apto para el diseño y colocación de la capa de rodadura solamente, eliminando las capas de sub-base y base granular que se colocan usualmente.

OBJETIVO GENERAL:

Estimar y cuantificar la variación en el valor del CBR y el índice plástico, entre el suelo natural y el suelo tratado con el sistema Consolid.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. De las muestras tomadas en el sitio de ubicación del tramo en estudio, identificar características del suelo, sus propiedades naturales y clasificarlo.
2. Obtener en laboratorio el CBR e índice plástico de las muestras de suelo natural y las tratadas con el sistema Consolid
3. Analizar el sistema Consolid y los resultados obtenidos en estudios anteriores.
4. Realizar un análisis y comparación económica del costo de construcción de un kilómetro de la vía utilizando un procedimiento regular y el costo de construcción utilizando el sistema Consolid.
5. De los resultados obtenidos plantear conclusiones.

PROCEDIMIENTO – MARCO METODOLÓGICO

La investigación se llevó a cabo por medio de la recolección de muestras en un tramo de seis kilómetros del lugar de ejecución del proyecto, siendo cada kilómetro un punto de análisis . Estas fueron sujetas a ensayos de clasificación, límites de Atterberg, compactación y CBR en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica. Las muestras para clasificación del suelo fueron tomadas a 0.50, 1.0 y 1.50 m de profundidad en cada kilómetro. Las muestras para ensayos de compactación y CBR se tomaron a 0.50m de profundidad. Existen dos tipos de muestras ensayadas: suelo natural y suelo aplicado el producto Consolid. A partir de los resultados arrojados por parte de cada tipo de muestra se compararon y se concluyó si es factible la utilización del mismo en el proyecto desde el punto de vista técnico. Finalmente se realizó un análisis de costos entre el diseño de la vía con la aplicación de Consolid y otro diseño utilizando un método usual (AASHTO y SHELL) para conocer si la aplicación de Consolid es pertinente o no, desde el punto de vista económico.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. Características del proyecto	1
1.2. Caracterización del suelo a nivel de subrasante	6
1.3. Proyecto de estabilización	12
CAPÍTULO 2.....	15
SISTEMA CONSOLID.....	15
2.1. Estabilización con el sistema Consolid.....	15
2.2 Cambios en las propiedades de los suelos	17
2.3. Criterios de dosificación.....	19
2.4. Aplicación y método constructivo	21
CAPÍTULO 3.....	27
TRABAJOS REALIZADOS	27
3.1. Trabajos de campo	27
3.1.1. Toma de muestras para límites de Atterberg y clasificación del suelo	27
3.1.2 Toma de muestras para ensayo de compactación y CBR	28
3.2 Trabajos de laboratorio.....	28
3.2.1 Suelo natural	28
3.2.1.1 Propiedades índices.....	29
3.2.1.1.1 Humedad natural	29
3.2.1.1.2 Granulometría	29
3.2.1.1.3 Límites de Atterberg.....	30
3.2.2 Clasificación del suelo	30
3.2.2.1. Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).....	31

3.2.2.2. Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation)	32
3.2.3 Propiedades mecánicas	33
3.2.3.1 Compactación proctor modificado	33
3.1.3.2 CBR en laboratorio	34
3.3. SUELO ESTABILIZADO	34
3.3.1 Propiedades índice	37
3.3.1.1 Límites de Atterberg	38
3.3.2 Propiedades mecánicas	38
3.3.2.1 Compactación Próctor modificado	39
3.3.2.2 CBR en laboratorio	39
CAPÍTULO 4	42
ANÁLISIS DE COSTOS DE DISEÑO	42
4.1. Método de diseño AASHTO para pavimentos flexibles	42
4.1.1 Bases teóricas del método de diseño	42
4.2 Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO	47
4.3 MÉTODO DE DISEÑO SHELL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES	52
4.3.1 Bases teóricas del método de diseño	52
4.4 Diseño tipo para pavimentos flexibles por el método SHELL	55
4.5 Diseño tipo para pavimentos flexibles utilizando Consolid	73
4.6. Cantidades y costos totales	74
4.7 Análisis de precios unitarios	81
4.8. Comparación de costos entre diseños	92
CAPÍTULO 5	95
RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ...	95
5.1 Resultados	95
5.2. Conclusiones	97
5.3. Recomendaciones	99
BIBLIOGRAFIA	100

ANEXOS	102
---------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características principales del proyecto existente de la vía Cuicocha-Apuela	2
Tabla 3.1 Cuadro resumen de la dosificación del producto C-444	36
Tabla 3.2 Cuadro resumen de la dosificación del producto Solidry	37
Tabla 3.3 Cuadro general de características físicas y mecánicas del suelo natural y con Consolid	41
TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS (DISEÑO SHELL)	78
TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS (DISEÑO SHELL)	79
Tabla 4.1 Comparación de costos entre diseño granular y diseño Consolid	92
Tabla 4.2 Costos para distintos kilómetros del diseño Shell y Consolid	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Ubicación de la vía Cuicocha-Apuela. Provincia de Imbabura	4
Figura I.2 Mapa climatológico de la zona Cuicocha-Apuela	5
Figura I.3 Pavimento flexible.....	6
Figura I.4 Unidades Geomorfológicas.....	10
Figura I.5 Respuesta del pavimento ante una carga dinámica	13
Figura II.1 Diseño tipo del pavimento con Consolid	21
Figura II.2 Maquinaria y aplicación de Consolid	26
Figura IV.1 Estructura del pavimento con el método AASHTO	51
Figura IV.2 Estructura del pavimento para diseño SHELL	52
Fuente: Material de apoyo para diseño de pavimentos asfálticos – Método Shell	52
Figura IV.3 Temperaturas promedio año 2005-2008.....	58
Figura IV.4 Curva de ponderación de temperatura	59
FIGURA IV.5 Relación entre temperatura efectiva de la capas asfálticas y de la mezcla	61
Figura IV.6 Comparación entre módulo dinámico de la mezcla y módulo dinámico del asfalto	63
Fuente: Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum.....	63
Figura IV.7 Fatiga característica de los asfaltos F1 y F2.....	65
Figura IV.8 Carta Shell HN 19	66
Figura IV.9 Alternativa 1 de diseño SHELL	67
Figura IV.10 Alternativa 2 de diseño SHELL.....	70
Figura IV.11 Estructura del pavimento con el método SHELL.....	72
Figura IV.12 Estructura del pavimento con Consolid.....	73
Figura IV.13 Gráfica comparativa de costos entre diseño Shell y diseño Consolid	94

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Ensayo de clasificación km 32+600 profundidad 0,50m	103
ANEXO 2 Ensayo de clasificación km 32+600 profundidad 1,00m	104
ANEXO 3 Ensayo de clasificación km 32+600 profundidad 1,50m	105
ANEXO 4 Ensayo de clasificación km 33+500 profundidad 0,50m	106
ANEXO 5 Ensayo de clasificación km 33+500 profundidad 1,00m	107
ANEXO 6 Ensayo de clasificación km 33+500 profundidad 1,50m	108
ANEXO 7 Ensayo de clasificación km 34+700 profundidad 0,50m	109
ANEXO 8 Ensayo de clasificación km 34+700 profundidad 1,00m	110
ANEXO 9 Ensayo de clasificación km 34+700 profundidad 1,50m	111
ANEXO 10 Ensayo de clasificación km 35+700 profundidad 0,50m	112
ANEXO 11 Ensayo de clasificación km 35+700 profundidad 1,00m	113
ANEXO 12 Ensayo de clasificación km 35+700 profundidad 1,50m	114
ANEXO 13 Ensayo de clasificación km 36+700 profundidad 0,50m	115
ANEXO 14 Ensayo de clasificación km 36+700 profundidad 1,00m	116
ANEXO 15 Ensayo de clasificación km 36+700 profundidad 1,50m	117
ANEXO 16 Ensayo de clasificación km 37+700 profundidad 0,50m	118
ANEXO 17 Ensayo de clasificación km 37+700 profundidad 1,00m	119
ANEXO 18 Ensayo de clasificación km 37+700 profundidad 1,50m	120
ANEXO 19 Ensayo de clasificación suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m.....	121
ANEXO 20 Ensayo de clasificación suelo con Consolid km 36+700 profundidad 0,50m.....	122
ANEXO 21 Ensayo de clasificación suelo con Consolid km 37+700 profundidad 0,50m.....	123
ANEXO 22 Ensayo de proctor modificado km 32+600 profundidad 0,50m	124
ANEXO 23 Ensayo de proctor modificado km 33+500 profundidad 0,50m	125
ANEXO 24 Ensayo de proctor modificado km 34+700 profundidad 0,50m	126
ANEXO 25 Ensayo de proctor modificado km 35+700 profundidad 0,50m	127
ANEXO 26 Ensayo de proctor modificado km 36+700 profundidad 0,50m	128
ANEXO 27 Ensayo de proctor modificado km 37+700 profundidad 0,50m	129
ANEXO 28 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 32+600 profundidad 0,50m.....	130
ANEXO 29 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 33+500 profundidad 0,50m.....	131
ANEXO 30 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 34+700 profundidad 0,50m.....	132
ANEXO 31 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m.....	133

ANEXO 32 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 36+700 profundidad 0,50m.....	134
ANEXO 33 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 37+700 profundidad 0,50m.....	135
ANEXO 34 Ensayo CBR suelo natural km 32+600 profundidad 0,50m.....	136
.....	138
ANEXO 35 Ensayo CBR suelo natural km 33+500 profundidad 0,50m.....	139
ANEXO 36 Ensayo CBR suelo natural km 34+700 profundidad 0,50m.....	142
.....	144
ANEXO 37 Ensayo CBR suelo natural km 35+700 profundidad 0,50m.....	145
ANEXO 38 Ensayo CBR suelo natural km 36+700 profundidad 0,50m.....	148
ANEXO 39 Ensayo CBR suelo natural km 37+700 profundidad 0,50m.....	151
.....	151
ANEXO 40 Ensayo CBR suelo con Consolid km 32+600 profundidad 0,50m al 100% de la humedad óptima antes de sumergir	154
.....	154
.....	155
ANEXO 41 Ensayo CBR suelo con Consolid km 33+500 profundidad 0,50m al 100% de la humedad óptima antes de sumergir	157
ANEXO 42 Ensayo CBR suelo con Consolid km 34+700 profundidad 0,50m al 100% de la humedad óptima antes de sumergir	160
ANEXO 43 Ensayo CBR suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m al 100% de la humedad óptima antes de sumergir	163
ANEXO 44 Ensayo CBR suelo con Consolid km 36+700 profundidad 0,50m al 100% de la humedad óptima antes de sumergir	166
ANEXO 45 Ensayo CBR suelo con Consolid km 37+700 profundidad 0,50m al 100% de la humedad óptima antes de sumergir	169
ANEXO 46 Ensayo CBR suelo con Consolid km 32+600 profundidad 0,50m secado al 50% de la humedad óptima antes de sumergir	172
ANEXO 47 Ensayo CBR suelo con Consolid km 33+500 profundidad 0,50m secado al 50% de la humedad óptima	175
ANEXO 48 Ensayo CBR suelo con Consolid km 34+700 profundidad 0,50m secado al 50% de la humedad óptima	178
ANEXO 49 Ensayo CBR suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m secado al 50% de la humedad óptima	181
ANEXO 50 Ensayo CBR suelo con Consolid km 36+700 profundidad 0,50m secado al 50% de la humedad óptima	184
ANEXO 51 Ensayo CBR suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m secado al 50% de la humedad óptima	187
ANEXO 52 Registro fotográfico	190

INTRODUCCIÓN

La historia vial del Ecuador nos muestra que en el país se viene acarreado retrasos en el desarrollo de una red vial que cumpla con los requerimientos técnicos y el objetivo de ser un eje transversal de desarrollo para el país.

Las razones para que esto ocurra pudieron ser del tipo administrativo y técnico. Dentro de los de orden administrativo están: el poco interés del Estado en invertir en el ámbito vial, financiación y pagos muy demorados, procesos de contratación difíciles.¹

Entre los problemas técnicos están: estudios con información limitada, escaso personal técnico especializado, una técnica errónea en el momento de la construcción y mantenimiento de los caminos y vías, y la poca implementación de nuevas tecnologías en este campo ingenieril. Este ambiente le genera al ingeniero civil ecuatoriano la posibilidad de empezar a mirar los aspectos relacionados con las carreteras y caminos, en una perspectiva diferente, adentrándose a nuevas tecnologías y enfocando los esfuerzos en utilizar mejores técnicas a un menor costo, todo esto con la finalidad de potenciar esta importante herramienta de desarrollo económico para el país.

Todas las estructuras que el hombre construye tienen como común denominador la necesaria utilización del suelo para su implantación, incluyéndose aquí las carreteras. Esto hace imprescindible el uso del

¹ Arrobo Carrión, Celín. Rutas inolvidables. Quito, Artes Gráficas, 1969. Página 56.

conocimiento en mecánica de suelos como actividad previa al diseño y ejecución de cualesquier tipo de proyectos u obras civiles.

“Salvo ensayos notables, aunque inconexos, el suelo sólo en época reciente fue objeto de estudio sistemático como material de construcción”.²

El papel fundamental que desempeña el suelo en la tecnología ingenieril es indiscutible, no obstante su decisiva influencia no ha sido del todo valorada, aunque al parecer dicha actitud va desvaneciéndose rápidamente a la par de las nuevas investigaciones.³

La topografía difícil de nuestro territorio y una amplia variedad de suelos complejos hacen que la construcción de carreteras en el Ecuador sea por así decirlo complicada y a la vez un reto para los investigadores que pueden tomar esta “desventaja” como la puerta a un campo de exploración de nuevas metodologías, mejoramiento de técnicas existentes y la formulación de nuevas hipótesis que llenen ese vacío entre el empirismo y la ciencia comprobatoria.

Dicho esto se sabe que previo a cualquier estudio es necesaria una investigación del suelo, para todo tipo de obras civiles. En el caso de una vía, el estudio de los suelos es primordial para su diseño y construcción, pues éste da a conocer propiedades fundamentales que se deben tomar en cuenta para el análisis de distintas alternativas para la estructuración de cada camino.

² Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 1 : Fundamentos de mecánica de suelos. Editorial Limusa, 2005. Página 27.

México DF,

³ Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 1 : Fundamentos de mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005. Página 28.

En nuestro caso, se busca investigar una solución técnica alternativa para la estabilización de un suelo trópico-andino, comprobando con ensayos la variación de sus propiedades utilizando el sistema CONSOLID, y analizando también desde el ámbito económico la utilización de esta opción en la vía Cuicocha-Apuela. Cabe resaltar que los resultados que se obtengan serán representativos únicamente del sector delimitado por los Kilómetros 32 a 38, debido a que por la naturaleza de los suelos de nuestro país, sus propiedades pueden sufrir variaciones considerables en cada abscisa por lo tanto los resultados no se podrán generalizar.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

La presente investigación tendrá como objetivo estimar y cuantificar la variación en el valor de capacidad de soporte (CBR) y el índice plástico, entre el suelo natural y el suelo tratado con el sistema Consolid, de la subrasante de la vía Cuicocha-Apuela, en los kilómetros 32 a 38, para lo cual previamente será necesario resaltar las características del sector y del proyecto vial existente.

1.1. Características del proyecto

La carretera Cuicocha – Apuela – Aguagrum de 58 Km. de longitud y el acceso a la población de García Moreno de 3,5 km de longitud, están ubicados en la provincia de Imbabura, por esta circunstancia vienen a constituirse en una arteria de fundamental importancia, condición que irá en aumento, en el futuro, gracias a los trabajos a realizarse para su reconstrucción.⁴

Las coordenadas de inicio y final del tramo, para Datum WGS 84 y zona 17 son:

INICIO	Cuicocha	Latitud	32.350N	Longitud	795 .000 E	3080
						msnm.

⁴ Larrea, Wilson. Estudio de Diseño a Nivel Definitivo de la Vía Cuicocha – Apuela – Aguagrum. Ibarra, Gobierno Provincial de Imbabura, 2011. Página 2

FINAL Apuela Latitud 25.600N Longitud 764.000 E 1660
msnm

Según los estudios de factibilidad, impactos ambientales e ingeniería definitivos de la vía de Cuicocha – Apuela- Aguaram realizados por el Gobierno Provincial de Imbabura, las características del proyecto existente son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS	DATOS
Longitud tramo Cuicocha-Apuela	43 Km
Tipo de vía	Carretera Clase IV
Tipo de terreno	Ondulado - Montañoso
Sección transversal	En terreno ondulado 9,5m
	En terreno montañoso 7,0m
Tipo de capa de rodadura	Base clase IV

Tabla 1.1 Características principales del proyecto existente de la vía Cuicocha-Apuela

Dentro del aspecto de climatología y lluvias de la zona, al área de influencia del proyecto le corresponde un clima caracterizado por una estación lluviosa que se extiende prácticamente todo el año con 2 sub-períodos: el primero de noviembre a mayo de lluvias y el segundo de junio a octubre seco.⁵

Con estos antecedentes es fundamental contar con un diseño de pavimento óptimo que contrarreste la acción de las lluvias previniendo problemas en la vía. Siendo el agua el agente más nocivo para la durabilidad de las obras,

⁵ Larrea, Wilson. Estudio de Diseño a Nivel Definitivo de la Vía Cuicocha – Apuela – Aguaram. Ibarra, Gobierno Provincial de Imbabura, 2011. Página 4.

deberá estudiarse a profundidad las soluciones para controlar y eliminar los problemas de humedad, especialmente en las capas del pavimento.

Un aspecto muy importante del estudio es la determinación de materiales de construcción aptos, dentro de la zona de influencia del proyecto, a fin de minimizar el costo de su transporte.

Las minas de relativa consideración están ubicadas en las playas del río Apuela que corre paralelo a la población de Apuela, la mina de material de mejoramiento ubicada a 2 Km de Santa Rosa, minas de arena en la parroquia de Quiroga, y canteras del Ing Carlos Salazar ubicadas en la parroquia de San Roque, Cantón Antonio Ante.⁶

Estos datos serán utilizados más adelante dentro del análisis de costos entre el pavimento diseñado con los métodos de diseño de pavimento flexible AASHTO y SHELL (material granular de la zona) y la alternativa de CONSOLID.

⁶ Larrea, Wilson. Estudio de Diseño a Nivel Definitivo de la Vía Cuicocha – Apuela – Aguagrum. Ibarra, Gobierno Provincial de Imbabura, 2011. Página 6.

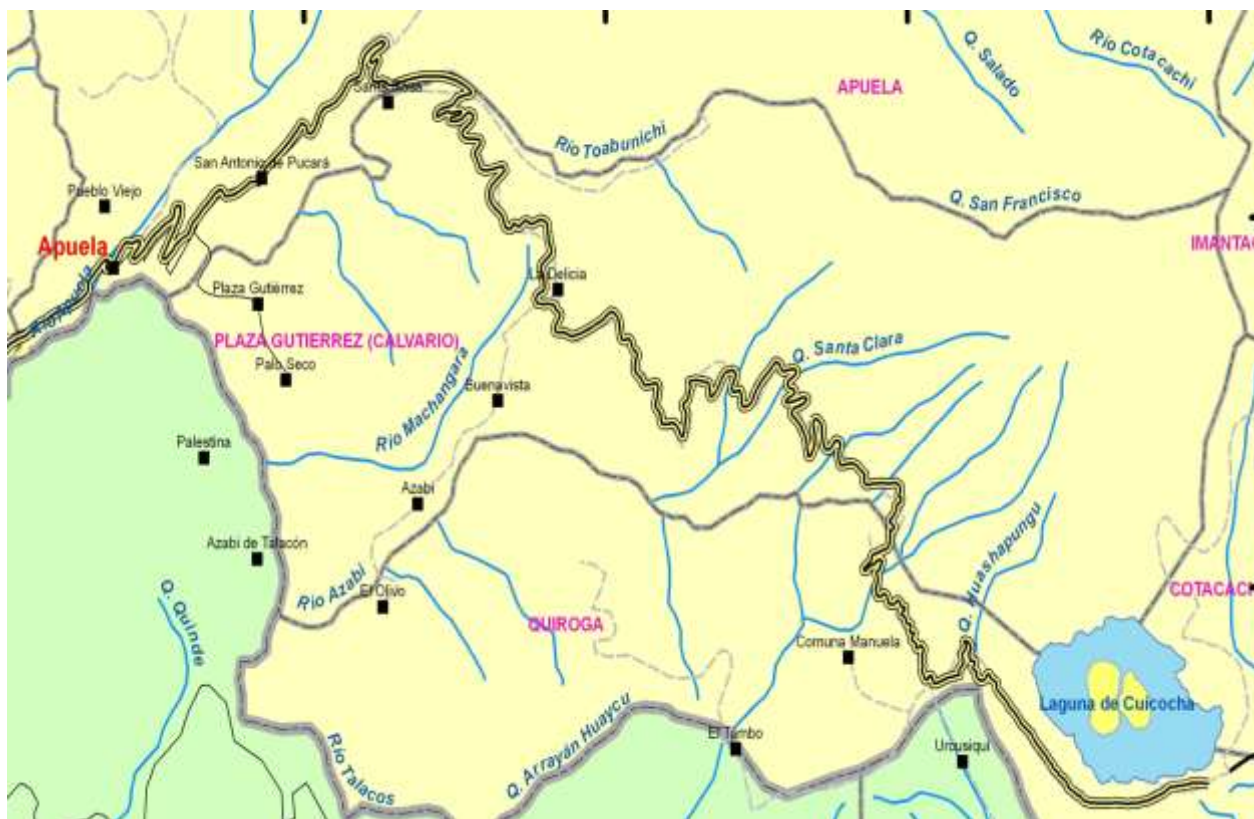


Figura I.1 Ubicación de la vía Cuicocha-Apuela. Provincia de Imbabura

Fuente: Estudio de Diseño a Nivel Definitivo de la Vía Cuicocha – Apuela – Aguagram

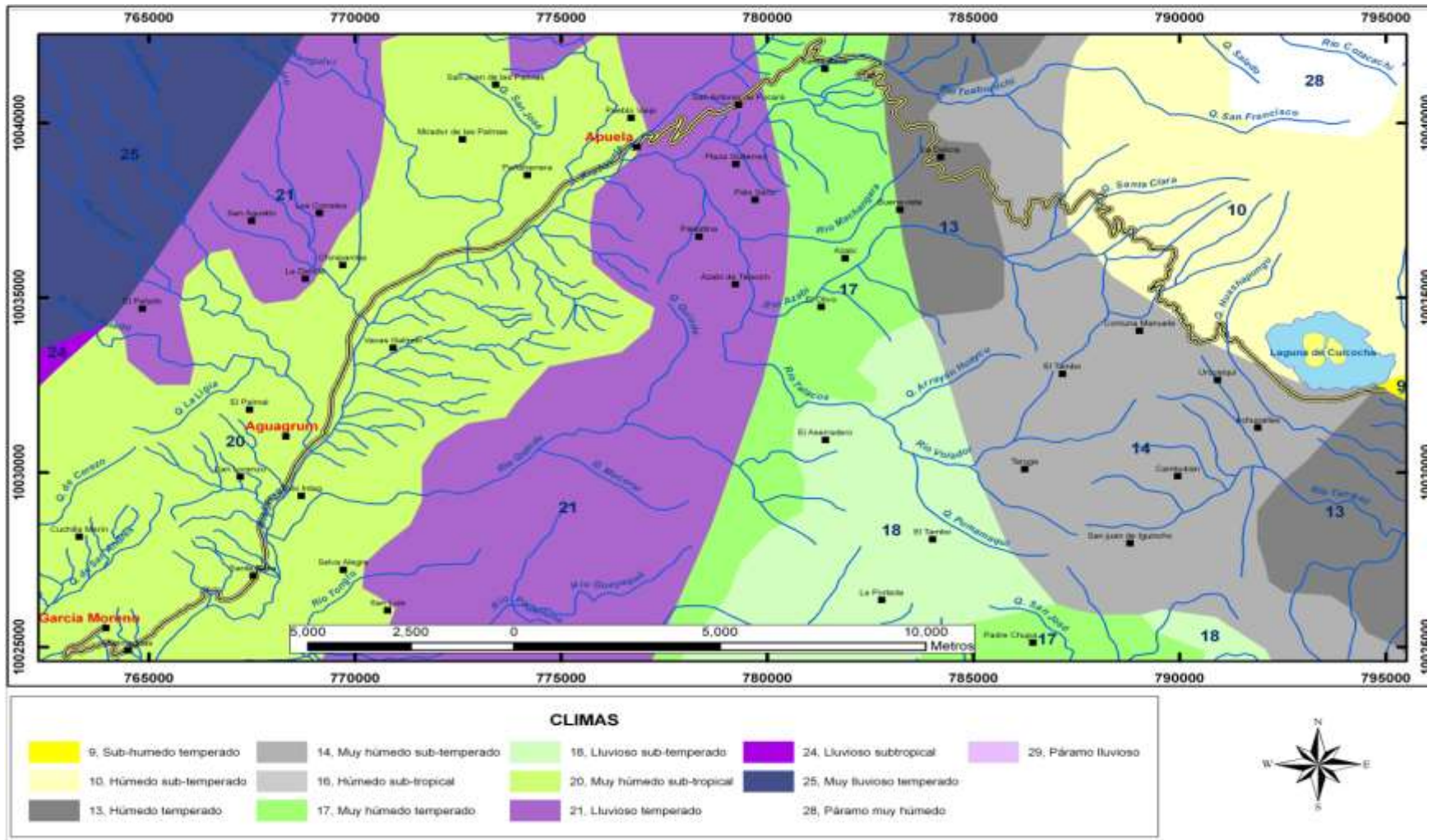


Figura I.2 Mapa climatológico de la zona Cuicocha-Apuela

Fuente: Estudio de Diseño a Nivel Definitivo de la Vía Cuicocha – Apuela – Aguagrundi

1.2. Caracterización del suelo a nivel de subrasante

El pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo del terraplén, a este último se lo denomina la subrasante de la vía. El pavimento puede ser del tipo rígido, el elaborado con hormigón, y el pavimento flexible, el cual tiene como capa de rodadura el asfalto.⁷

En el caso de la vía Cotacachi-Apueala, el Gobierno Provincial de Imbabura, a dispuesto la utilización de un pavimento flexible en él, por lo tanto nos centraremos en el análisis de este.

Este tipo de pavimento es una estructura formada por las capas que se muestran en la siguiente figura:

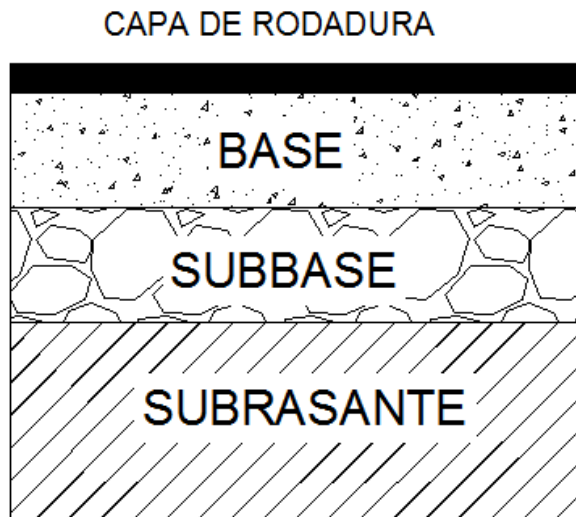


Figura 1.3 Pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

⁷ Rico Rodríguez, Alfonso. La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas. Volumen 1. México DF, Editorial Limusa, 2005.

Los materiales de estas capas necesitan tener una gran resistencia al corte para evitar posibles fallas. De esta forma el diseño de este tipo de pavimento se basa en ensayos de penetración, es decir mediante la determinación del valor de soporte de California o C.B.R.⁸

La subrasante se define como la superficie de los terraplenes, en corte o relleno, de suelo natural o mejorado, sobre la cual se construirá un pavimento.

“El material que constituye la capa de subrasante de un camino juega un papel fundamental en el comportamiento y espesor requerido de un pavimento flexible”⁹

Por lo tanto la determinación de las características del suelo que forme esta capa es vital y para ello se aplican los principios y métodos de trabajo usuales en la mecánica de suelos. Además se ha establecido que para que el tipo de suelo a nivel de subrasante sea aceptable para caminos, este tenga como valor de C.B.R. 5% o más.¹⁰

Dentro de la vía en análisis, por estar este localizado en una zona subtropical- Trópico Andina, encontramos suelos de origen tanto volcánico, debido a la influencia del volcán Cotacachi, como suelos que se encuentran por lo general en zonas bajas de la costa. Del informe geológico que forma parte de los estudios de esta vía realizados por el Gobierno Provincial de Imbabura, podemos extraer las características de la geomorfología de la zona.

⁸ Crespo Villalaz, Carlos. En Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. México DF, Editorial Limusa, 3ª Edición, 1996. Página 112.

⁹ Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 2 : Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005. Página 533.

¹⁰ Reyes Lizcano, Fredy. Diseño racional de pavimentos. Bogotá, Editorial CEJA, 1ª Edición, 2003. Página 31.

A lo largo de la vía Cuicocha-Apuela-Aguagram-García Moreno, fueron identificadas 5 Unidades Geomorfológicas que a continuación se describen.

1. *Cordillera Granítica Denudativa*

Litológicamente constituido por una cuarzodioritas ricas en hornblenda y biotita. El clima en esta región es muy húmedo a subtropical con precipitaciones que sobrepasan los 1500mm y temperaturas entre 16-22°C, lo que provoca la alteración de los feldespatos en arcillas. Este tipo de litología permite desarrollar una red de drenaje ramificada dendrítica subparalela.

2. *Cordillera Sedimentaria Estructural*

Esta unidad es producto de la deformación de depósitos sedimentarios de las Unidades Pilatón, Natividad, El Laurel, Silante, constituidas por conglomerados, areniscas, lutitas, brechas, cherts. Depositadas en el Cretácico en ambientes Marinos y de Plataforma.

3. *Depósitos laharáticos*

Estos depósitos se desarrollaron como producto de la mezcla de piroclastos del Volcán Cotacachi y agua. Esta mezcla descendió por el cauce del R. Apuela colmatándolo.

4. *Mantos piroclásticos*

Constituyen depósitos finamente estratificados por bombas, lapilli y cenizas volcánicas, consolidadas o no, procedentes de lluvias piroclásticas en erupciones explosivas del Volcán Cuicocha de composición dacítica a riolítica.

5. *Coladas de lava andesítica*

Esta Unidad se desarrolló como producto de erupciones centrales de los Volcanes Cotacachi, Pilavo y Cushnirrumi. La composición de estas lavas son andesíticas y dacíticas.

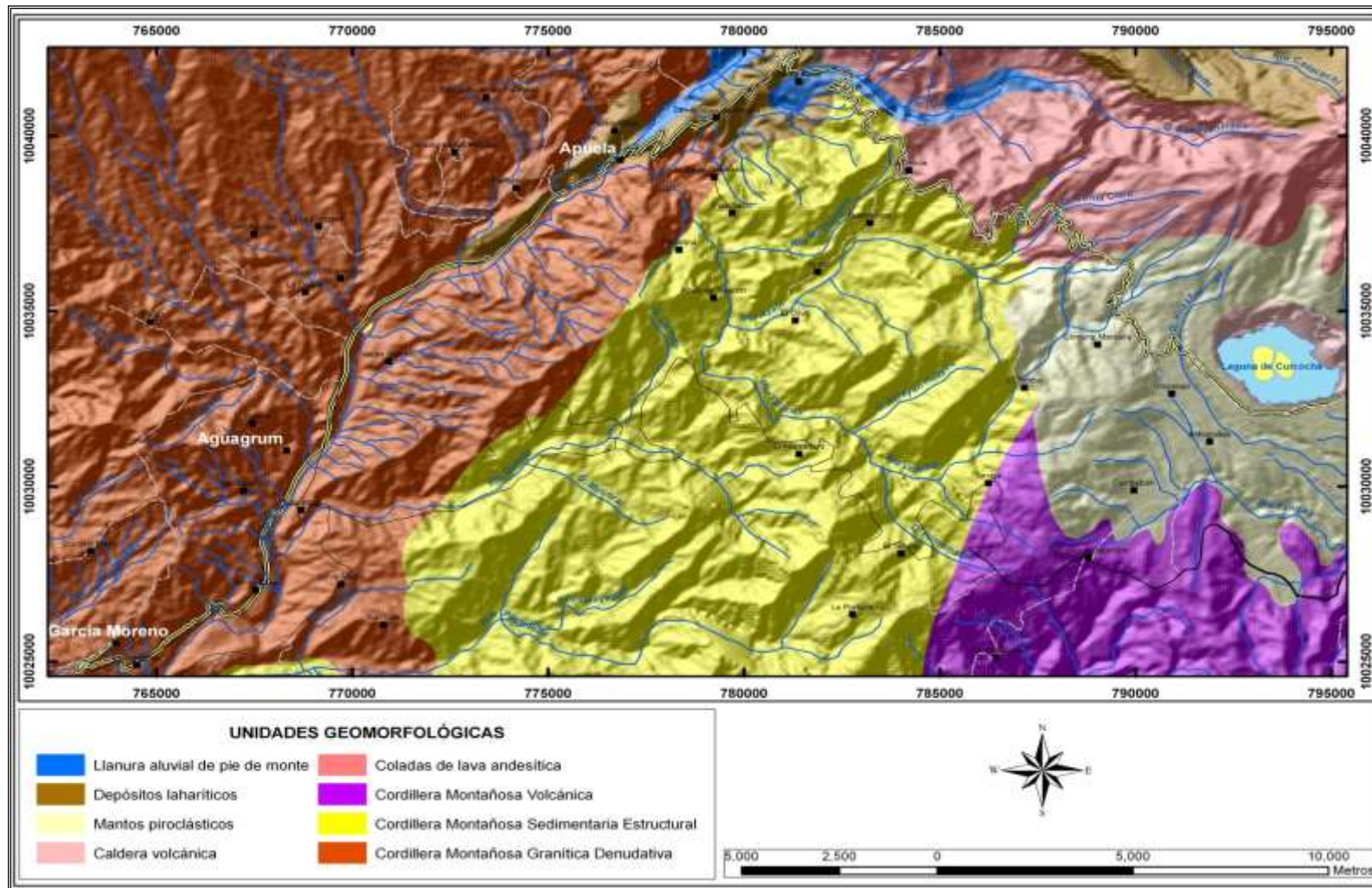


Figura I.4 Unidades Geomorfológicas

Fuente: Estudio de Diseño a Nivel Definitivo de la Vía Cuicocha – Apuela – Aguagram

Dentro de los kilómetros 32 a 38 de la vía , podemos caracterizar la subrasante como una variedad de suelos limosos finos plásticos de colores grisáceos, café y negro , encontrándose en algunos sectores también una mezcla con arena de grano fino. El nivel freático de la zona en la vía está a un promedio de 1,0 m de profundidad.

En la presente disertación se procederá a realizar un muestreo y clasificación del suelo en cada kilómetro, de 0,50 hasta 1,50m de profundidad, debiéndose tomar en cuenta para los ensayos posteriores de Proctor modificado y CBR, únicamente el tipo de suelo hasta los 0,50m ya que esta será la capa de terreno que se verá influenciada por la construcción de la carretera y por ende las cargas que se puedan presentar vida útil.

1.3. Proyecto de estabilización

En los proyectos viales, la construcción del pavimento inicia con el movimiento de tierras hasta que se llegue al nivel de subrasante y se consiga las gradientes longitudinales y transversales especificadas en el diseño geométrico. En este punto si la subrasante no tiene la firmeza requerida, se deberá estabilizar mediante procesos especiales.

El suelo de una subrasante puede fallar bajo carga de dos maneras: a través de una falla localizada por corte o por la falla de la capacidad portante profunda. La falla localizada por corte, o punzonamiento, ocurre generalmente con la forma de una deformación severa en terrenos blandos saturados cuando la carga excede la resistencia al corte de la subrasante. La subrasante por debajo de un relleno sin reforzar fallará por punzonamiento al llegar a un nivel de tensión de alrededor de la mitad de la capacidad portante última del suelo. ¹¹

Se denomina estabilización a todas las acciones que se deberá llevar a cabo para que el suelo de baja calidad sea capaz de absorber los esfuerzos suficientes para mantener estable la estructura del pavimento. “Aunque la subrasante recibe un porcentaje bajo de la influencia de una carga ejercida sobre la capa de rodadura, mediante una correcta estabilización se pueden evitar fallas o hundimientos posteriores”. ¹²

¹¹ Rico Rodríguez, Alfonso. La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas. Volumen 1. México DF, Editorial Limusa, 2005. Página 140.

¹² Salvador, José. Curso de pavimentos volumen 1. Quito, Pontificia Universidad Católica del Ecuador: Unidad Académica de Transportes. 1982. Página 54.

Entre los procedimientos más comunes de mejoramiento de subrasante están: el cambio de material, estabilización con cal o cemento, estabilización con cloruro de sodio.

La presente disertación pretende plantear una solución técnica para la estabilización de un suelo trópico-andino utilizando un método alternativo a los ya antes mencionados, con la finalidad de mejorar las propiedades y comportamientos mecánicos del suelo de la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela, de manera tal que lo transforme en un material apto para el diseño y colocación de la capa de rodadura solamente.

Es decir, dicho proceso pretende eliminar las capas de sub-base y base granular que se colocan usualmente. Por medio de ensayos de laboratorio se estima y cuantifica la variación en el valor del CBR y el índice plástico, entre el suelo natural y el suelo tratado con el sistema Consolid.

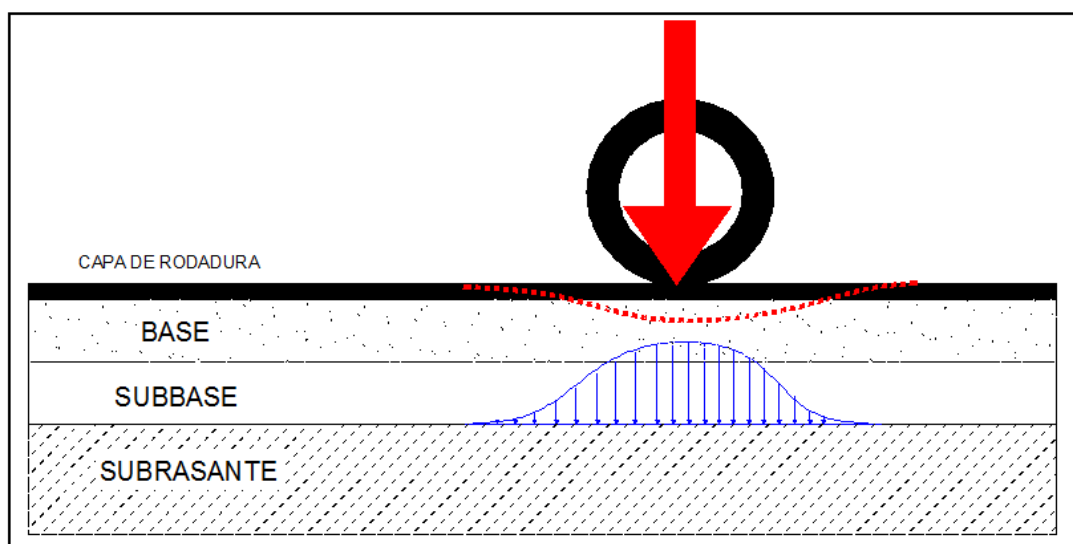


Figura 1.5 Respuesta del pavimento ante una carga dinámica

Fuente: Elaboración propia

En los proyectos ingenieriles un aspecto determinante en la evaluación es el ámbito económico, por lo que la técnica nos lleva a buscar la solución que cumpla con las especificaciones técnicas de diseño, resistencia y al menor costo, un diseño óptimo. Adicionalmente a la obtención de las variaciones de la capacidad portante del suelo se realiza un análisis de costos del tramo estudiado. Dicho análisis se ejecutará con una comparación de dos diseños; el primero es mediante una estructura de pavimento flexible regular, y el segundo usando un suelo mejorado con Consolid, utilizando el mismo material de subrasante para todas las capas del pavimento antes de la capa de rodadura, es decir que debemos lograr con la adición de Consolid, que el suelo de subrasante adquiera la resistencia de una base y subbase y se comporte como tal.

Cabe resaltar que el presente estudio determinará datos iniciales, técnicos y económicos, los cuales darán un indicio de los resultados del uso de este tipo de estabilización en los seis kilómetros analizados de la vía.

CAPÍTULO 2

SISTEMA CONSOLID

2.1. Estabilización con el sistema Consolid

“A la estabilización de suelos se la puede definir como la modificación de las propiedades y comportamientos mecánicos del suelo, de tal manera que los transforma en un material apto para la construcción de caminos”.¹³

El proceso mencionado es desarrollado por el químico Consolid, cuya acción mejora las propiedades mecánicas promoviendo la aceleración de componentes naturales de atracción de partículas y compactación.

Existen métodos ligantes y reactores químicos para estabilizar suelos, como por ejemplo el cemento, la cal o la melaza pero no son muy efectivos. El problema de los métodos ligantes es que necesitan de una estricta relación entre la superficie específica del suelo tratar y la cantidad de ligante. Por otro lado para los reactores químicos se necesita siempre el mismo medio, pero ningún suelo es igual. El sistema Consolid es recomendado para usarlo en casos cuando el suelo es usado como material de construcción y causa problemas de estabilidad, particularmente en la construcción de caminos de tierra (base, sub-base y subrasante).

Las principales características referidas a la estabilización de suelos con el sistema Consolid en su manual técnico son:

¹³ Consolid Bolivia Ltda. Manual técnico del sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra. 1995. Página 3.

- El tratamiento funciona fácilmente con cualquier tipo de suelo , sin importar su composición física y química
- No es ligante
- No reacciona químicamente con el suelo
- A fin de lograr una mayor densidad en el suelo, el tratamiento opera como catalizador de la petrificación de la tierra.
- El tratamiento reduce la velocidad ascenso capilar y la absorción de la superficie
- El tratamiento es permanente y amigable con el medio ambiente. Reemplaza material minado.

Se pueden presentar problemas como la extrema variación de tipos de suelos en tramos cortos de la vía, lo cual ocasiona complicaciones en el diseño de la misma debido a distintos comportamientos del suelo. El sistema Consolid establece que es capaz de funcionar en cualquier tipo de suelo de manera irreversible, que quiere decir que una vez aplicado en el suelo es posible desmenuzarlo y compactarlo innumerables veces.

El producto se presenta como un líquido lechoso soluble en agua y no contaminante, actúa sobre el agua absorbida que lubrica las partículas de arcilla o limo fino, promoviendo una mayor capacidad de compactación del suelo. “Se logra una atracción electromagnética entre partículas y evitando la

orientación de las mismas de manera tal de proveer al suelo una mayor resistencia a la deformación”.¹⁴

2.2 Cambios en las propiedades de los suelos

El tratamiento de suelos con Consolid produce cambios en los límites de Atterberg, límites de contracción, CBR y humedad. Estos cambios varían dependiendo de la dosificación utilizada y el tipo de suelo. En el caso del suelo propuesto en la presente disertación de grado lo que se busca es reducir la plasticidad y aumentar el CBR pues se trata de un suelo trópico andino plástico en su mayoría.

La variación del índice plástico es una de las características más importantes de Consolid, pues aumenta la trabajabilidad del suelo. Se puede llegar a disminuir el índice de plasticidad del suelo en valores de 15 o más en suelos finos de alta plasticidad, pues el químico logra que las partículas finas sean rodeadas por cationes en su capa de adsorción. Dicho fenómeno causa una atracción de estas partículas formando estructuras de muy bajo grado de orientación, lo que concede al suelo una mayor resistencia a la deformación y una mayor compactación.¹⁵

En la presente investigación se verifica el valor en la disminución de la plasticidad. El fabricante advierte que los resultados en cuanto a humedad óptima y densidad seca máxima no son inmediatos, esperando un aumento en la densidad y por lo contrario una disminución en la humedad. Se

¹⁴ Consolid Bolivia Ltda. Manual técnico del sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra. 1995. Página 5.

¹⁵ Consolid Bolivia Ltda. Manual técnico del sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra. 1995. Página 6.

recomienda realizar un monitoreo de la variación de éstas propiedades en los primeros 6 meses con la expectativa de aumentar la densidad seca máxima en un 10%.

Otro aspecto a considerar es el límite de contracción, propiedad que aumenta con la aplicación del sistema Consolid. Por lo tanto si existiera alguna disminución de humedad en una estructura tratada con el producto, el volumen no sufriría ninguna variación ni tampoco descompactación del suelo. Contando con esta característica se asegura conservar la forma y resistencia en el suelo.

Finalmente el resultado de tratar el suelo con este sistema es el de aumentar el índice CBR. Para ello entra en juego la humedad óptima del suelo, propiedad ya mencionada anteriormente, que es la humedad con la cual se logra la mayor compactación del suelo. La adición de agua para lograr dicha humedad es fundamental porque no se puede compactar un suelo completamente seco y tampoco uno excesivamente húmedo. La presencia de agua en el suelo crea una película entre las partículas de suelo que logra que éstas se deslicen una sobre otra lubricándolas y acomodándolas. Sin embargo la presencia de agua entre los intersticios de las partículas mas el agua de la película generada puede llevar a la disgregación del suelo causando inestabilidad mecánica.

La aplicación de Consolid permite una aglomeración de las partículas finas que deriva en una reducción de la superficie exterior a través de la cual

interacciona con el medio. La película de agua adherida se destruye y se activa el poder de unión propio del suelo. ¹⁶

2.3. Criterios de dosificación

La elección de productos CONSOLID (C-444 y Solidry) para el tratamiento y dosificación, al igual que los ensayos de laboratorio depende principalmente de dos elementos:

- 1.- El tipo de suelo a tratar
- 2.- Los requerimientos de obra, tipo de aplicación, condiciones y tipo de tránsito.

Ensayos.

- Identificación y clasificación. Conocidos tales datos el diseñador podrá elegir que tipo de tratamiento y la dosificación para tal suelo y los ensayos previamente acordados a realizarse.
- Ensayos mecánicos. El ensayo de compactación Próctor nos arroja los valores de densidad seca máxima y humedad óptima con los cuales se trabajará en el laboratorio.
- C.B.R. Se ensayaran moldes de suelo natural y suelo tratado para luego comparar resultados.

¹⁶ Eco Soil. Sistema Consolid. Internet.
Acceso: 2 de agosto 2012.

<http://www.sistemaconsolid.org/sistema-consolid.html>.

Rangos de dosificación.

Los valores de S-444 SD que son un líquido soluble en agua y un polvo aplicable en suelo seco respectivamente, se presentan a continuación son los que el fabricante estima necesarios, los cuales fueron obtenidos luego de varios ensayos, experimentaciones y análisis, estos son:

C-444 ----- 0,4 a 0,8 l/m³

SD ----- 1 a 2% en peso (2 a 4 kg/m²)

Para dichos rangos es necesario conocer que son datos que responden a espesores dados, los cuales son explicados a continuación.

Diseño tipo de una vía

Los valores que se presentan a continuación son proporcionados por el fabricante. Es importante recalcar que el alcance de esta investigación es la de determinar si dicha dosificación para los espesores de vía a ser especificados son convenientes o no. A pesar de no contar con los experimentos realizados por el fabricante, se probará la eficacia del producto con los ensayos de laboratorio enumerados previamente.

Base y sub-base:

Depende de las condiciones de trabajo y tráfico pero un diseño tipo es el de una sub-base de 15cm de espesor tratada con C-444 y una base de 10cm tratada con C-444 o Solidry según sea el caso.

Capa de rodadura:

El sistema se complementa con una capa de rodamiento fina, no estructural, con el único objetivo de evitar la abrasión del tránsito y dar una terminación final al camino

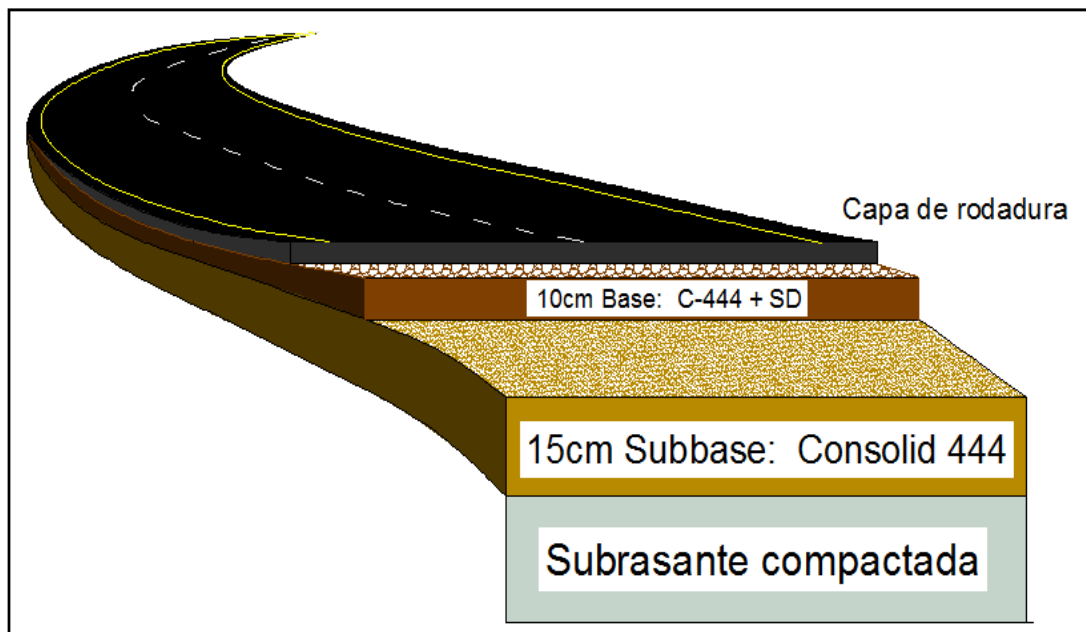


Figura II.1 Diseño tipo del pavimento con Consolid

Fuente: Elaboración propia

2.4. Aplicación y método constructivo

La aplicación se reduce simplemente a un mezclado correcto con la dosificación adecuada de los productos en el suelo. La maquinaria es la misma que se utiliza tradicionalmente en la construcción de vías y carreteras. No se requiere de ninguna máquina especial.

La maquinaria a utilizar para la base y sub-base sería:

- Motoniveladora con escarificador
- Rodillo vibratorio liso

- Tanquero
- Tractor agrícola con rastra
- Regador asfáltico

Se puede anotar que el tractor agrícola eventualmente cumple la función de mezcladora, ya que por experiencia del fabricante se recomienda la utilización de este tipo de maquinaria.

A continuación se detalla el proceso que se debe llevar a cabo para la aplicación de los productos:

Mezclado de CONSOLID 444.- Se presenta como un líquido semi-viscoso que se mezcla sin inconveniente con el agua. Para su aplicación debe incorporarse el agua con que se riegue el suelo para llevarlo a su humedad óptima de compactación. Esto puede hacerse directamente en el camión cisterna, procurando mezclar la cantidad de C-444 necesaria con algo menos de agua de lo necesario, asegurando que se aplique todo el C-444. El mezclado debe ser primero el agua y luego el químico. La dosificación recomendada es de 0,8l por m³ de suelos compactado.

Preparación para la subrasante.- El primer paso es el escarificado del suelo de la vía hasta el nivel de la subrasante (25cm). Esto se hace para apartar el material en cordones al constado de la superficie a tratar, dejando la subrasante descubierta para así compactarla convenientemente. Ésta (subrasante) se la tratará como se lo hace comúnmente como si el sistema Consolid no se estuviera aplicando

Se requiere que la subrasante sea homogénea, con su debida humedad y compactación para lograr un Valor Relativo de Soporte (C.B.R) adecuado por el espesor escogido.

Tratamiento de la sub-base.- En la sub-base se aplica solamente C-444 como se explica a continuación:

1.- Preparación del suelo a tratar

Una vez compactada la subrasante se debe incorporar sobre ella la cantidad necesaria del suelo apartado a los lados del camino para lograr una capa de 15cm de espesor. Es recomendable escarificar aproximadamente 3cm de la capa de la sub-rasante compactada para lograr una mejor adherencia entre capas. El suelo debe estar desmenuzado para el tratamiento con un arado de discos excéntricos. Hay que prever que con la adición del C-444 con agua no exceda la humedad óptima de compactación.

2.- Aplicación del C-444.

Para la aplicación de este producto se lo debe disponer en un regador preparado, siendo este un camión cisterna, regándolo uniformemente en toda la superficie.

3.- Mezclado del C-444.

Una vez regado el producto en su totalidad se procede al mezclado con un arado de discos excéntricos hasta lograr la homogenización total de total del suelo con C-444.

4.- Compactado.

Luego del mezclado se compacta la capa de manera tradicional, cada tipo de suelo requiere una forma de compactación adecuada, la aplicación de C-444 no altera este proceso.

Tratamiento de la base.- En esta capa se aplica CONSOLID 444 en conjuntamente con SOLIDRY. Éstos son mezclados con el suelo restante para hacer un diseño que contempla una base de 10cm y una sub-base de 15cm. Para el tratamiento de la capa de base se siguen el mismo procedimiento aplicado en la sub-base, sin realizar la compactación.

Una vez aplicado el C-444 sigue la aplicación del producto SOLIDRY con las siguientes instrucciones:

Aplicación de SOLIDRY

- 1.- Distribución y dosificación: se distribuyen las bolsas de material siguiendo las pautas dadas en la dosificación
- 2.- Esparcimiento del SD: una vez puestas las bolsas en sus lugares, se procede a la rotura manual de éstas y se esparce su contenido cubriendo toda la superficie.
- 3.- Mezclado de SD: se realiza con el mismo arado de discos excéntricos realizando la cantidad necesaria de pasadas hasta lograr una mezcla homogénea sin ningún tipo de grumos o manchas blancas
- 4.- Compactación: al igual que los otros productos la compactación se realiza con los métodos y máquinas recomendadas para el tipo de suelo que se trabaje.

Perfilado e imprimación de la base tratada con el sistema CONSOLID. -

Una vez terminada la compactación de la capa de base se debe proceder al perfilado de la misma. Esto se realiza con los métodos y maquinaria tradicional, una vez concluida la compactación se requiere de una imprimación con asfalto diluido sobre la superficie

Es de vital importancia que las tareas de perfilado e imprimación se las realicen inmediatamente después de terminada la capa de base, en caso contrario se debe mantener la superficie humedecida a base de riegos.

Para lograr una mayor penetración la imprimación debe realizarse con la superficie a una humedad igual a la óptima y con un asfalto diluido. No se puede utilizar emulsión asfáltica para la imprimación pues el suelo no absorbería el agua de la emulsión y retendría la capa de asfalto como una película en su superficie.

Aplicación de la capa de rodadura.- Terminada la imprimación de la superficie de la base, se la puede cubrir con la capa de rodadura correspondiente.

La capa de rodadura puede ser cualquiera como por ejemplo: carpetas en frío caliente, tratamientos bituminosos simples, dobles o triples, lechadas asfálticas o micropavimentos con asfaltos modificados con polímeros. Se escogerá la opción que más satisfaga a las necesidades y tráfico de la vía

La capa de rodadura tiene dos funciones, proteger el paquete tratado de la abrasión y darle rugosidad a la vía.



Figura II.2 Maquinaria y aplicación de Consolid

Fuente: www.compacsis.com

CAPÍTULO 3

TRABAJOS REALIZADOS

El presente capítulo presenta las actividades de investigación realizadas tanto en campo como en laboratorio y una descripción de cada uno de los ensayos realizados.

3.1. Trabajos de campo

Los trabajos de campo se los realizó directamente en la vía Cuicocha-Apuela, desde el km 32 al 38, mediante un sondeo a cielo abierto debido a que las muestras requeridas pueden ser del tipo alteradas.

3.1.1. Toma de muestras para límites de Atterberg y clasificación del suelo

Para la obtención de las muestras se siguió el siguiente procedimiento:

- Se retira la parte seca y suelta de suelo con el propósito de obtener una superficie fresca
- Se realizan perforaciones mediante una barrena manual
- Se coloca el suelo excavado en hilera con el debido orden
- Se toma una porción representativa de cada clase de suelo encontrado y se colocan en bolsas separadas con su identificación correspondiente.

Aproximadamente se tomó una cantidad de 2 kg por cada estrato de suelo.¹⁷

3.1.2 Toma de muestras para ensayo de compactación y CBR

Las muestras para realizar los ensayos de Proctor modificado y CBR se tomaron siguiendo el mismo procedimiento que para clasificación y límites de Atterberg, pero para estas pruebas de laboratorio únicamente se extrajo el suelo a la profundidad de 0,50m. una cantidad de 12 kg para compactación y 15kg para CBR.

3.2 Trabajos de laboratorio

Los ensayos realizados en el laboratorio con las muestras de suelo a nivel de subrasante de la vía en estudio, son la base de la investigación científica de la presente disertación, debido a que basados en sus resultados podemos evaluar la aplicación del Consolid y formular las correspondientes conclusiones.

3.2.1 Suelo natural

Los primeros ensayos se realizan utilizando el suelo natural del sitio, es decir el que posee las propiedades presentes en la vía. Los resultados que los ensayos proyecten utilizando estas muestras fueron la línea base de estudio.

¹⁷ Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. México DF, Editorial Limusa, 5ª Edición, 2004. Página 29.

El resumen de las propiedades de todas las muestras recogidas se detallan en la tabla 3.1

3.2.1.1 Propiedades índices

Las propiedades índices permiten la diferenciación de suelos de una misma categoría, condiciones de estado del suelo y comportamiento físico. En la presente disertación estas propiedades permitirán la identificación del tipo de suelo, estado de humedad en la vía y comportamiento plástico de los suelos.

3.2.1.1.1 Humedad natural

Se define como contenido de agua a la relación entre la masa de agua intersticial o de poros y la masa de las partículas sólidas. ¹⁸

3.2.1.1.2 Granulometría

Se define como los métodos para la separación de un suelo en diferentes fracciones, según sus tamaños. De tales métodos se mencionará el cribado por mallas, que es el de mayor interés para la mayoría de los proyectos. ¹⁹

¹⁸ American Society For Testing and Materials.

¹⁸ Annual Book ASTM Standars, Section 4 – Construction. ASTM. 2010. Norma ASTM D 2216.

¹⁹ Normas ASTM: C 136 , D 422.

3.2.1.1.3 Límites de Atterberg

La consistencia de los suelos varía aumentando o disminuyendo la humedad .Los límites de Atterberg permiten establecer el contenido de agua con el cual se produce el cambio de estado, es decir, miden la consistencia o plasticidad del suelo fino. Estos se presentan a continuación:

Límite líquido

Se define como el contenido de agua de un suelo re-moldeado en el punto de transición entre los estados semilíquido y plástico, determinado por un ensayo normalizado de laboratorio. ²⁰

Límite plástico

Se define como el contenido de agua de un suelo re-moldeado en el punto de transición entre los estados plástico y semisólido, determinado por un ensayo normalizado de laboratorio. ²¹

3.2.2 Clasificación del suelo

“Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa”. ²²

Para esta investigación se decidió clasificar las muestras mediante los siguientes sistemas:

²⁰ Norma ASTM D 4318

²¹ Norma ASTM D 4318

²² Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 1 : Fundamentos de mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005. Página 149.

3.2.2.1. Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Marco Teórico.- Sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos. Esta clasificación divide los suelos en: Suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos. Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz No. 200.

Suelos gruesos: Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No. 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

Suelos finos: El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $LI = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility).

Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

OL: Limos y arcillas orgánicas.

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad. ²³

3.2.2.2. Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation)

Marco Teórico.- Sistema desarrollado como el Public Road Administration Classification System. De acuerdo a este sistema se clasifica los suelos en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los primeros tres grupos son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan el tamiz No.200, en tanto que los que si pasan son clasificados en los grupos 4, 5, 6 y 7, siendo la mayoría formados por materiales tipo limo y arcilla.

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (GI) junto con los grupos y subgrupos del suelo. En general, la calidad del

²³ Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 1 : Fundamentos de mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005. Página 152.

comportamiento de un suelo como material para subrasantes es inversamente proporcional al índice de grupo.²⁴

3.2.3 Propiedades mecánicas

Generalmente las propiedades mecánicas de un suelo permiten llegar al diseño de una obra civil en la etapa de estudio, en nuestro caso se trata de una vía, para lo cual necesariamente estos datos se requerirán para considerar la deformabilidad y resistencia de los tipos de suelos con los que se contará como subrasantes. En la presente disertación se buscó obtener la humedad óptima y por subsiguiente el índice CBR, el cual es el indicador de resistencia mecánica establecido para la comparación entre el suelo natural y con Consolid, además de ser un dato necesario para el diseño estructural del pavimento. El resumen de las propiedades de todas las muestras recogidas se detallan en la tabla 3.1

3.2.3.1 Compactación proctor modificado

Determinar la humedad óptima (Wop%) y el peso unitario seco máximo que puede alcanzar un material (γ_d max). Se llama compactación al proceso de aplicación de cargas transitorias de corta duración sobre una masa de suelo y su consecuente disminución de volumen y aumento de densidad. La compactación permite aumentar la resistencia y reducir la deformabilidad, la permeabilidad y la susceptibilidad a la erosión de los suelos.²⁵

²⁴ Das, Braja. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México DF, Thomson editores, 2001. Página 37.

²⁵ American Society For Testing and Materials. Annual Book ASTM Standars, Section 4 – Construction. ASTM. 2010. Norma ASTM D 1557

3.1.3.2 CBR en laboratorio

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" ó 0.2" de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.²⁶

3.3. SUELO ESTABILIZADO

El suelo estabilizado, es decir luego de haberse dosificado el Sistema Consolid, fue el que se ensayó para comprobar los cambios y los efectos que el aditivo produce en dichos suelos. Para la estabilización del suelo se tomaron las siguientes recomendaciones del fabricante:

1. Se añade los aditivos C-444 + Solidry, para estabilizar el suelo con la finalidad de conseguir los resultados de la capa que irá como base en la vía.
2. La humedad con la que se debe compactar las probetas para CBR serán las óptimas obtenidas con el ensayo Proctor en suelo natural. No es necesario realizar Proctor modificado con suelo ya tratado, aunque

²⁶ Norma ASTM D 1883.

por motivos de la naturaleza de investigación de esta disertación, se lo realizó con la finalidad de verificar si existe cambios en relación al suelo natural.

3. Se debió verificar que el suelo tenga una humedad lo suficientemente baja como para receptar el agua que se aplicará con los aditivos y que este llegue a su humedad óptima de compactación.
4. La dosificación del C-444 será de 800 cm³ de aditivo puro por cada m³ de suelo.

Para encontrar la cantidad añadida a cada tipo de suelo se siguió la siguiente regla:

$$\frac{800 \text{ cm}^3 \text{ de Consolid C-444}}{\text{m}^3 \text{ de suelo}} \quad \Bigg| \quad \frac{1}{\gamma \text{ seca máxima del suelo}}$$

El resultado de esta operación nos dará, de acuerdo a la densidad máxima seca obtenida en cada Proctor, la cantidad de aditivo puro que debemos añadir.

5. El C-444 no puede ser añadido de manera pura solamente debido a especificación técnica. Nuestro caso se trata de cantidades muy pequeñas lo que harían imposible homogenizar el químico en la muestra de suelo natural, por lo que deberá hacerse una solución con una parte de agua.

6. El orden de mezclado deberá ser siempre el siguiente: primero el agua y luego el C-444. La cantidad de agua a mezclarse con el C444 para lograr la solución será la necesaria para llevar al suelo a su humedad óptima, así se sigue el siguiente procedimiento:

- 1) $\text{Peso seco de la muestra} = \frac{\text{Peso de la muestra con humedad natural}}{1 + \text{humedad natural}}$
- 2) $\text{Peso de la muestra con humedad óptima} = \text{Peso seco de la muestra} (1 + \text{humedad óptima})$
- 3) $\text{Agua a agregarse a la muestra natural} = \text{Peso de la muestra con humedad óptima} - \text{Peso de la muestra con humedad natural}$

La cantidad de agua con la que se mezcla el C-444 no afectará de ninguna manera sus propiedades.

Es así que las cantidades de este aditivo y agua que se añadieron a las distintas muestras de suelo fueron las siguientes:

ABSCISA	HUMEDAD NATURAL (%)	CLASIFICACIÓN	yd max (kg/m ³)	Humedad Óptima (%)	Peso de la muestra con humedad natural (qr)	C-444 puro (cm ³ /kg)	Peso seco (gr)
32+600	12,82%	ML	1750	17,03%	27000	0,457	23931,93
33+500	11,71%	SM	1837	14,84%	13000	0,435	11637,28
34+700	6,74%	ML	1818	15,20%	27000	0,440	25295,11
35+700	44,91%	MH	1228	47,44%	27000	0,651	18632,25
36+700	15,81%	MH	1511	27,53%	27000	0,529	23314,05
38+000	10,00%	ML	1591	21,19%	27000	0,503	24545,45

Tabla 3.1 Cuadro resumen de la dosificación del producto C-444

7. El aditivo Solidry se presenta en polvo listo para usarse, se lo aplica directamente sobre el suelo previamente tratado con C-444. La cantidad añadida se consigue del siguiente procedimiento:

30 kg de Solidry m³ de suelo	1 γ seca máxima del suelo
--	--------------------------------------

Es así que las cantidades de este aditivo que se añadieron a las distintas muestras de suelo fueron las siguientes:

Abscisa	HUMEDAD NATURAL (%)	CLASIFICACIÓN	γ _d max (kg/m ³)	Peso de la muestra con humedad natural (gr)	Peso seco (gr)	Solidry (gr/gr)
32+600	12,82%	ML	1750	27000	23931,9270	0,017
33+500	11,71%	SM	1837	27000	24169,7252	0,016
34+700	6,74%	ML	1818	27000	25295,1096	0,017
35+700	41,19%	MH	1228	27000	19123,1674	0,024
36+700	15,81%	MH	1511	27000	23314,0489	0,020
38+000	10,00%	ML	1591	27000	24545,4545	0,019

Tabla 3.2 Cuadro resumen de la dosificación del producto Solidry

8. Las probetas de suelo estabilizado para ensayo CBR debe dejarse secar hasta el 50% de la humedad óptima antes de ser ensayadas.
9. Por motivos de la investigación se realizarán probetas puestas a saturar con el 100% de su humedad óptima.

3.3.1 Propiedades índice

Una vez aplicado el sistema Consolid (C444 + Solidry) se deben realizar los ensayo de límite líquido y límite plástico. Los resultados de estos ensayos serán comparados con los obtenidos previamente del suelo natural y se encuentran presentes en la tabla 3.1

3.3.1.1 Límites de Atterberg

- Límite plástico: es el valor de humedad de un suelo cuando deja de ser posible de trabajar plásticamente y se vuelve sólido. La intervención de estos químicos en el suelo permite aglomerar las partículas de suelo, especialmente las finas, logrando así un aumento en el límite plástico.
- Límite líquido: es el valor de humedad donde el suelo deja de ser plástico y comienza a comportarse como un semi-líquido. Con el mismo fundamento explicado anteriormente, la aglomeración de partículas finas hacen que la humedad del suelo deba ser mayor para llegar a comportarse como un semilíquido.
- Índice de plasticidad: es la amplitud de rangos de humedades entre el límite plástico y el límite líquido. Teniendo el suelo ya tratado con el sistema Consolid, los resultados de plasticidad deberán ser menores a los del suelo natural.

3.3.2 Propiedades mecánicas



Al igual que en el suelo natural, se deberán realizar los ensayos de Próctor modificado y CBR con el suelo tratado con Consolid para luego comparar los resultados obtenidos con los del suelo natural.

3.3.2.1 Compactación Próctor modificado

Una vez tratado el suelo se esperaría obtener una mayor densidad seca máxima y una menor humedad óptima de compactación. El manual de aplicación de C444 y Solidry plantea que se puede llegar a un aumento de densidad seca máxima de 5 a 10%. Por otro lado se espera una disminución de la humedad óptima de compactación en un 1%. Los ensayos se realizarán bajo las mismas especificaciones técnicas de Próctor modificado usado en el suelo natural.

3.3.2.2 CBR en laboratorio

En función de toda la experiencia acumulada en todos estos años en que el

	Subbase	Base
CBR a alcanzar	35-40%	80-100%
		
CBR de partida	10%	25%

Sistema CONSOLID ha estado siendo aplicado puede estimarse como regla general que: ²⁷

El suelo tratado se ensayará en el laboratorio con las especificaciones correspondientes a la de CBR, tal cual como se lo hizo con el suelo natural. Se acogerán las recomendaciones que se indican en el manual de Consolid para ensayar el suelo añadido C444 + Solidry. Para este ensayo se decidió realizarlo de dos tipos: el primero con el procedimiento normal de CBR y el

²⁷ Consolid Bolivia Ltda. Manual técnico del sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra. 1995. Página 10.

segundo de acuerdo a lo estipulado en el manual técnico se debió secar la muestra compactada hasta la mitad de su humedad óptima antes de ser saturada en la piscina.

ABSCISA	PROF. (m)	PROPIEDADES ÍNDICE										CLASIFICACIÓN	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO								
		Granulometría				Límites de Atterberg suelo natural			Límites de Atterberg suelo con CONSOLID				PROCTOR SUELO NATURAL		PROCTOR SUELO CON CONSOLID		CBR NATURAL	CBR SUELO CON CONSOLID (100% Humedad óptima antes de sumergir)	CBR SUELO CON CONSOLID (50% Humedad óptima antes de sumergir)		
		% que pasa				PLÁSTICIDAD			PLÁSTICIDAD				SÍMBOLO DE GRUPO		yd max (kg/m ³)	Humedad Óptima (%)	Humedad Óptima (%)	yd max (kg/m ³)	%	%	%
		N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL	LP	IP	LL	LP	IP		SUCS	AASHTO							
32+600	0,50	100	100	95	66	31	28	2	NP	NP	NP	ML	A-4 (1)	1,750	17,03	1,753	19,54	17,21	48,59	22,28	
	1,00	100	100	96	63	NP	NP	NP				ML	A-4 (0)								
	1,50	100	99	85	24	NP	NP	NP				SM	A-2-4 (0)								
33+500	0,50	100	100	79	30	NP	NP	NP	NP	NP	NP	SM	A-2-4 (0)	1,837	14,84	1,793	13,77	19,96	27,33	25,14	
	1,00	100	100	79	28	NP	NP	NP				SM	A-2-4 (0)								
	1,50	100	95	88	68	106	82	24				CH	A-7-5 (25)								
34+700	0,50	100	99	89	59	27	25	2	NP	NP	NP	ML	A-4 (0)	1,818	15,2	1,796	15,71	15,97	35,15	21,56	
	1,00	100	99	85	24	NP	NP	NP				SM	A-2-4 (0)								
	1,50	100	100	87	45	43	30	12				SC	A-7-5 (3)								
35+700	0,50	100	98	94	81	71	52	19	72	64	8	MH	A-5 (15)	1,228	42,68	1,254	45,76	4,47	27,62	14,83	
	1,00	100	100	98	84	83	65	19				MH	A-7-5 (27)								
	1,50	100	95	85	69	59	55	5				MH	A-5 (7)								
36+700	0,50	100	100	94	74	58	30	28	40	32	8	MH	A-5 (23)	1,511	27,53	1,433	28,72	7,79	17,3	15,51	
	1,00	94	93	89	69	53	44	10				MH	A-5 (9)								
	1,50	100	99	96	63	NP	NP	NP				ML	A-4 (0)								
38+000	0,50	99	98	80	58	40	32	8	41	33	8	ML	A-4 (4)	1,591	21,19	1,631	20,02	8,72	15,43	20,35	
	1,00	100	98	82	60	39	33	6				ML	A-4 (3)								
	1,50	100	99	89	60	38	34	5				ML	A-4 (2)								

Tabla 3.3 Cuadro general de características físicas y mecánicas del suelo natural y con Consolid

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS DE DISEÑO

4.1. Método de diseño AASHTO para pavimentos flexibles

El diseño del pavimento sigue los procedimientos y metodologías recomendados por la AASHTO en su Guía de Diseño de Pavimentos, edición 1993. Los parámetros de diseño para cada caso se describen más adelante, se considera como alternativa un pavimento flexible, con capas de material de mejoramiento existente, sub base clase 2, base clase 2 y carpeta asfáltica, para el tramo Km. 32+000 – Km. 38+000.

4.1.1 Bases teóricas del método de diseño

El procedimiento de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte, AASHTO, está basado en los resultados de la pista de Prueba que se llevó a cabo en Ottawa, Illinois, a finales de los años 50 e inicio de los años sesenta.

Las ecuaciones empíricas que existen en el procedimiento AASHTO fueron diseñadas para las condiciones de terracerías típicas del lugar donde se realizó la Prueba, sin embargo, las ecuaciones han sido modificadas para ser aplicadas a diferentes regiones de los Estados Unidos.

Originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años partir de los deterioros que experimentó y las relaciones deterioro - sollicitación para todas las condiciones ensayadas.

A partir de la versión del año 1986, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. Los modelos matemáticos respectivos también requieren de una calibración para las condiciones locales del área donde se pretenden aplicar.

Las ecuaciones del procedimiento AASHTO tienen un número de variables, importante en la solución o Número Estructural (SN) que es necesario colocar sobre una subrasante de ciertas características mecánicas, con el fin de que la estructura pueda soportar los ejes equivalentes durante el período de diseño.

El diseño AASHTO para pavimentos flexibles concluye con la determinación de las estructuras individuales que componen el pavimento.

El procedimiento se recomienda usar en condiciones de caminos de alto volumen de vehículos pesados y los largos períodos de análisis y considerar al menos un período de rehabilitación. Esto puede llevar a que el período de análisis puede ser igual o mayor al período de vida.²⁸

²⁸ American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO guide for design of pavement structures 1993. Washington D.C. 1993. Página I-3

PARÁMETROS DE DISEÑO

Los aspectos que se deben considerar al momento del diseño del pavimento son : Carga del tránsito, materiales de terracerías, condiciones climatológicas, materiales de las capas del pavimento y deterioros.

1. Periodo de vida

Es el tiempo que existe entre la condición inicial de la estructura del pavimento hasta el instante en que ésta necesita de rehabilitación, ó el tiempo que existe entre períodos de rehabilitación consecutivos.

2. Concepto de serviciabilidad-desempeño

Este concepto se describe como el valor que se le da a la carretera basándose en las siguientes presunciones: confort para ser transitada, comodidad y funcionalidad de la vía. El índice de serviciabilidad se expresa mediante PSI

3. Periodo de análisis (diseño)

Es el tiempo que se tiene como estrategia de diseño del pavimento, el cual puede ser igual al período de vida ya definido.

Este período puede ser en muchas ocasiones mayor al período de vida ya que existen variables en los procesos de selección de materiales, los procedimientos de construcción o condiciones climáticas difíciles de

considerar en el diseño y que pueden hacer que la duración de los pavimentos sea menor que el período de análisis considerado.

4. Nivel de confianza

Con el concepto de nivel de confianza se trata de integrar en el proceso de diseño cierto grado de certidumbre con el cual asegurar que varias alternativas de diseño alcanzarán el período de análisis.

5. Tráfico

Los estudios de tráfico proporcionan la información referente al número y tipo de vehículos que circularán por la vía, así como también las tasas de crecimiento anual de los mismos; con estos datos se determina: proyecciones de tráfico, factores de carga equivalente a 8.2 ton. y número de ejes equivalentes de 8.2 ton, en el carril de diseño y para el período de diseño.

6. Drenaje

El método AASHTO considera un ajuste de los coeficientes estructurales de las capas granulares, con factores mayores o menores que la unidad, para tener en cuenta el drenaje y el tiempo en que estas capas están sometidas a niveles de humedad próximos a la saturación; en nuestro caso se tomó en cuenta que se trata de una zona lluviosa gran parte del año.

7. Espesores de capas de pavimento

Los espesores de las capas de pavimento (h), se determinan en base a los siguientes parámetros: Número estructural (SN), coeficientes estructurales de cada capa que componen el paquete estructural del pavimento (a) y coeficientes de drenaje que modifican las capas granulares (m); deformaciones en la carpeta asfáltica y la subrasante, así como los esfuerzos en la subrasante.

La expresión que liga el número estructural con los espesores de capas del pavimento es la siguiente:

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

4.2 Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO

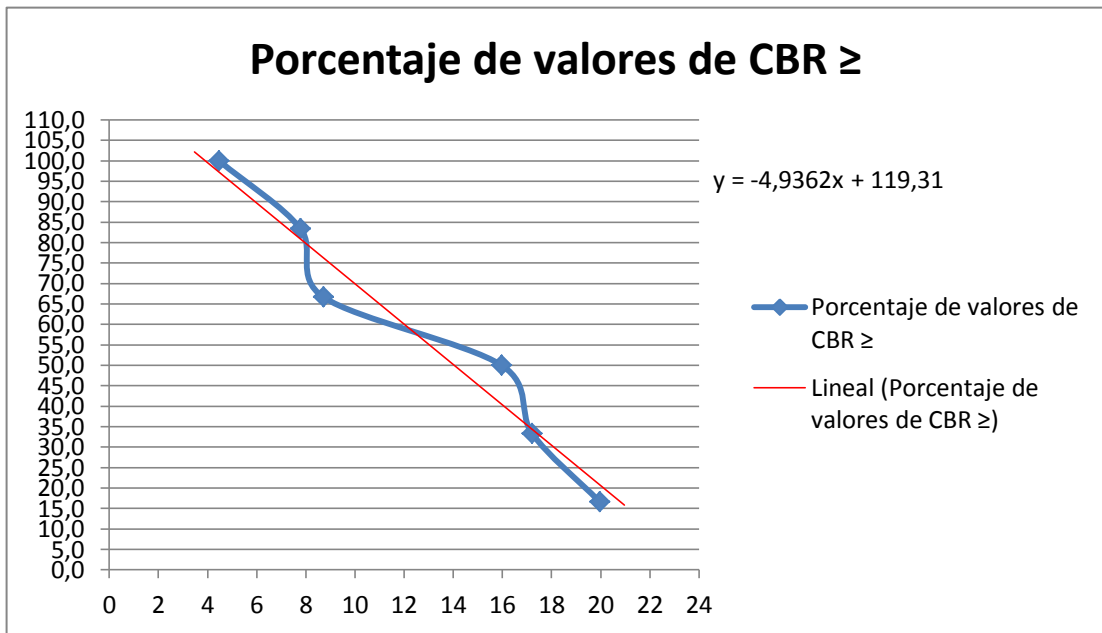
DISEÑO AASHTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO Guide For Design of Pavement Structures

1) ESTRUCTURA:

Carpeta asfáltica	diseño
Base	clase 2
Subbase	clase 2
Subrasante	

2) CÁLCULO CBR DISEÑO

CBR DISEÑO			
No	Valor CBR	Número de valores de CBR \geq	Porcentaje de valores de CBR \geq
1	4,47	6	100,0
2	7,79	5	83,3
3	8,72	4	66,7
4	15,97	3	50,0
5	17,21	2	33,3
6	19,96	1	16,7



CBR 95%	4,92
----------------	-------------

2) PARAMETROS DE DISEÑO:

	Z_R =	-1,645
Confiabilidad	R =	95%
Desviación Estándar Global	S_o =	0,45
Distribución del Tráfico	D_t =	0,5
Periodo de Diseño	n (años) =	10
CBR diseño	CBR =	5
Drenaje	C_d =	1,0
PSI	P_o	4,2
	P_t	2,5
Módulo de resiliencia del suelo de sub-rasante	MR	7387,26 lb/pulg ²

3) NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

VEHÍCULOS	NÚMERO	%
Livianos	143	66,82
Buses	28	13,08
Camión 2 ejes	43	20,09
TOTAL	214	100,00

Datos tomados de estudio del GPI (Año 2011)

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL %			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010 - 2015	3,96	2,07	2,5
2015 - 2020	3,52	1,84	2,23
2020 - 2025	3,17	1,65	2
2025 - 2030	2,88	1,5	1,82

Datos tomados de estudio del GPI

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN	0,5	Total del flujo vehicular censado la mitad va por cada dirección.
FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR TROCHA	1	

FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE DE 8,2 Ton.				
TIPO DE VEHÍCULOS	TPDA	CARGA POR EJE (t)	Factor de carga equivalente	Carga equivalente
Livianos	143	0,7	0,00012	0,0002
	143	1,7	0,00425	0,0061
Buses (Bp5)	28	3,9	0,11759	0,0329
	28	9,2	1,58451	0,4437
Camión 2 ejes (2DB)	43	6	0,65873	0,2833
	43	11	3,23829	1,3925
TOTAL	214		FCE=	2,1587

PROYECCIONES DE EJES EQUIVALENTES					
AÑOS		TPDA			TPDA (TOTAL)
		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	
2011	0	143	28	43	214
2012	1	149	29	44	222
2013	2	155	29	45	229
2014	3	161	30	46	237
2015	4	167	30	47	244
2016	5	173	31	49	253
2017	6	179	32	50	261
2018	7	185	32	51	268
2019	8	192	33	52	277
2020	9	199	33	53	285
2021	10	205	34	54	293
2022	11	212	35	55	302

N (8,2 t)	1032182
------------------	----------------

4) CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

DENOMINACIÓN	Valor
Z _R	-1,645
S _o	0,45
P _t	2,5
ΔPSI	1,7
C _d	1,0
M _R	7387,261456
N (8,2 t)	1032182
SN Calculado	3,62

Ecuación de correlación:

$$\text{Log } W_{18} = -Z_R S_o + 9,36 \text{ Log } (SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \text{ Log } M_R - 8,07$$

4.3 MÉTODO DE DISEÑO SHELL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

El método SHELL considera la estructura del pavimento como un sistema multicapa linealmente elástico, bajo la acción de las capas de tránsito. El módulo de elasticidad de Young (E) y la relación de Poisson μ son los que caracterizan a los materiales de la estructura, estos son considerados homogéneos y las capas horizontales de extensión finita. Este método calcula los esfuerzos y deformaciones de la estructura, para luego ser comparados con valores admisibles igualmente calculados.²⁹

4.3.1 Bases teóricas del método de diseño

Este método se basa en las características de los materiales y supone el pavimento como una estructura de tres capas. La capa superior corresponde a la carpeta asfáltica, la intermedia a las granulares y la inferior a la subrasante.



Figura IV.2 Estructura del pavimento para diseño SHELL

Fuente: Material de apoyo para diseño de pavimentos asfálticos – Método Shell³⁰

³⁰ Shell. Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum. Londres, 1978. Página 4.

Bajo este concepto el método supone que el pavimento fallaría bajo las siguientes circunstancias:

- La deformación vertical de compresión en la subrasante; si ésta es excesiva se producirá una deformación permanente en la subrasante, y esto causará la deformación en la superficie de pavimento.
- La deformación horizontal de tracción en la capa asfáltica, generalmente en la parte inferior; si ésta es excesiva, se producirá el agrietamiento de la capa.
- Otro criterio incluye los esfuerzos y las deformaciones de tracción permisibles en cualquier capa de base cementada y la deformación permanente acumulada en la superficie de pavimento debido a deformaciones en cada una de las capas.

PARÁMETROS DE DISEÑO

El método SHELL propone la siguiente secuencia de pasos para el cálculo final de espesores de capas:

- 1) Estimación del tránsito de diseño
- 2) Determinación de la temperatura anual ponderada de diseño
- 3) Tipificación de la mezcla asfáltica
- 4) Cálculo del índice de penetración y del módulo dinámico del asfalto
- 5) Determinación del módulo de la mezcla
- 6) Clasificación de la rigidez de la mezcla

- 7) Fatiga de la mezcla
- 8) Clasificación de la mezcla
- 9) Dimensionamiento de la estructura del pavimento
- 10) Esfuerzos, deformaciones y deflexiones de la estructura
- 11) Esfuerzos, deformaciones y deflexiones admisibles
- 12) Comparación de solicitaciones de servicio con las admisibles
- 13) Diseño del modelo estructural definido y aprobado

4.4 Diseño tipo para pavimentos flexibles por el método SHELL

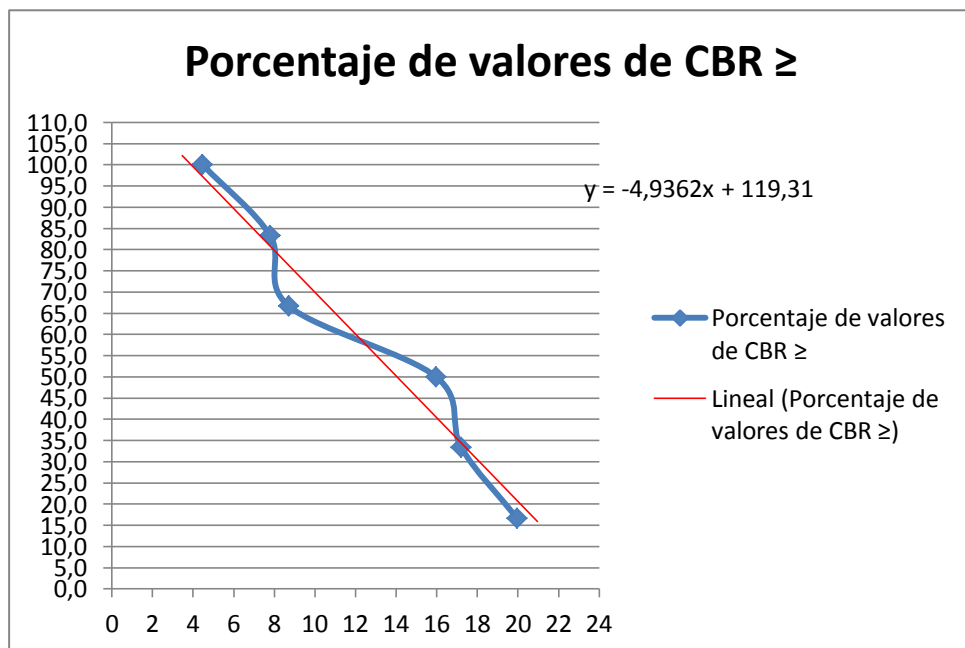
DISEÑO SHELL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

1) CRITERIOS DE DISEÑO

Carpeta asfáltica	diseño
Base	clase 2
Subbase	clase 2
Subrasante	

2) CÁLCULO CBR DISEÑO

CBR DISEÑO			
No	Valor CBR	Número de valores de CBR ≥	Porcentaje de valores de CBR ≥
1	4,47	6	100,0
2	7,79	5	83,3
3	8,72	4	66,7
4	15,97	3	50,0
5	17,21	2	33,3
6	19,96	1	16,7



CBR 95%

4,92

2) PARÁMETROS DE DISEÑO:

Confiabilidad	R =	95%	Z _R =	-1,645
Desviación Estándar Global	So =	0,45		
Distribución del Tráfico	Dt =	0,5		
Periodo de Diseño	n (años) =	10		
CBR diseño	CBR=	5		
Módulo de resiliencia del suelo de sub-rasante	MR	50,73	Mpa	
Módulo de resiliencia del suelo de sub-base	MR	309,00	Mpa	
Módulo de resiliencia del suelo de base	MR	824,00	Mpa	

3) ESTIMACIÓN DEL TRANSITO DE DISENO

VEHÍCULOS		NÚMERO	%
Livianos		143	66,82
Buses		28	13,08
Camión 2 ejes		43	20,09
TOTAL		214	100,00
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL %			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010 - 2015	3,96	2,07	2,5
2015 - 2020	3,52	1,84	2,23
2020 - 2025	3,17	1,65	2
2025 - 2030	2,88	1,5	1,82
FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN			0,5
FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR TROCHA			1

FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE DE 8,2 Ton.				
TIPO DE VEHÍCULOS	TPDA	CARGA POR EJE (t)	Factor de carga equivalente	Carga equivalente
Livianos	143	0,7	0,00012	0,0002
	143	1,7	0,00425	0,0061
Buses (Bp5)	28	3,9	0,11759	0,0329
	28	9,2	1,58451	0,4437
Camión 2 ejes (2DB)	43	6	0,65873	0,2833
	43	11	3,23829	1,3925
TOTAL	214		FCE=	2,1587

PROYECCIONES DE EJES EQUIVALENTES					
AÑOS		TPDA			TPDA (TOTAL)
		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	
2011	0	143	28	43	214
2012	1	149	29	44	222
2013	2	155	29	45	229
2014	3	161	30	46	237
2015	4	167	30	47	244
2016	5	173	31	49	253
2017	6	179	32	50	261
2018	7	185	32	51	268
2019	8	192	33	52	277
2020	9	199	33	53	285
2021	10	205	34	54	293
2022	11	212	35	55	302
N (8,2 t)	1032182				

4) DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA ANUAL PONDERADA DE DISEÑO – TMAP

Mes	MMAT (°C)	Factor Ponderación
Enero	17,5	0,6
Febrero	18,2	0,8
Marzo	19,5	1
Abril	20,2	1
Mayo	22,3	1,5
Junio	21,4	1,3
Julio	22,5	1,5
Agosto	21,3	1,3
Septiembre	20,5	1,1
Octubre	19,8	1
Noviembre	20,2	1
Diciembre	21,2	1,2
Σ		13,3

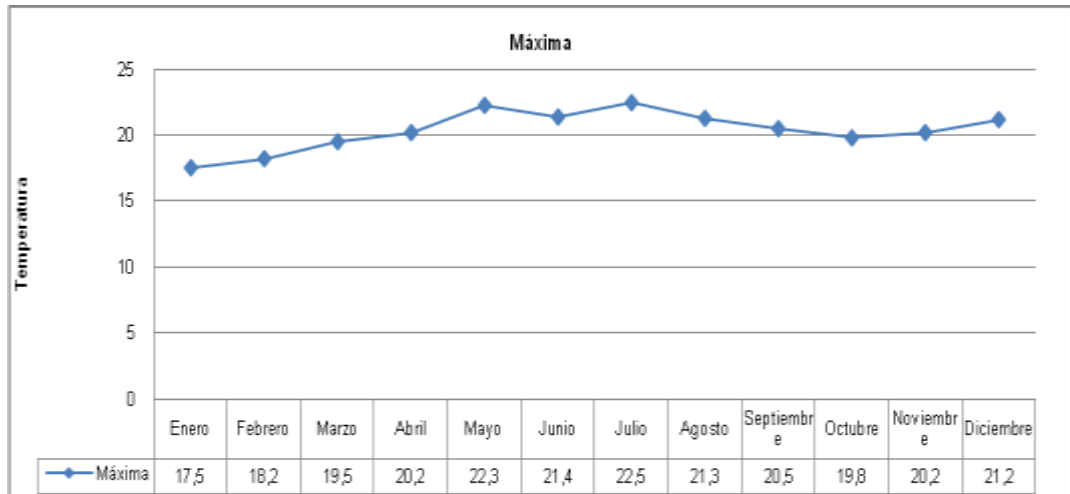


Figura IV.3 Temperaturas promedio año 2005-2008

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Quito

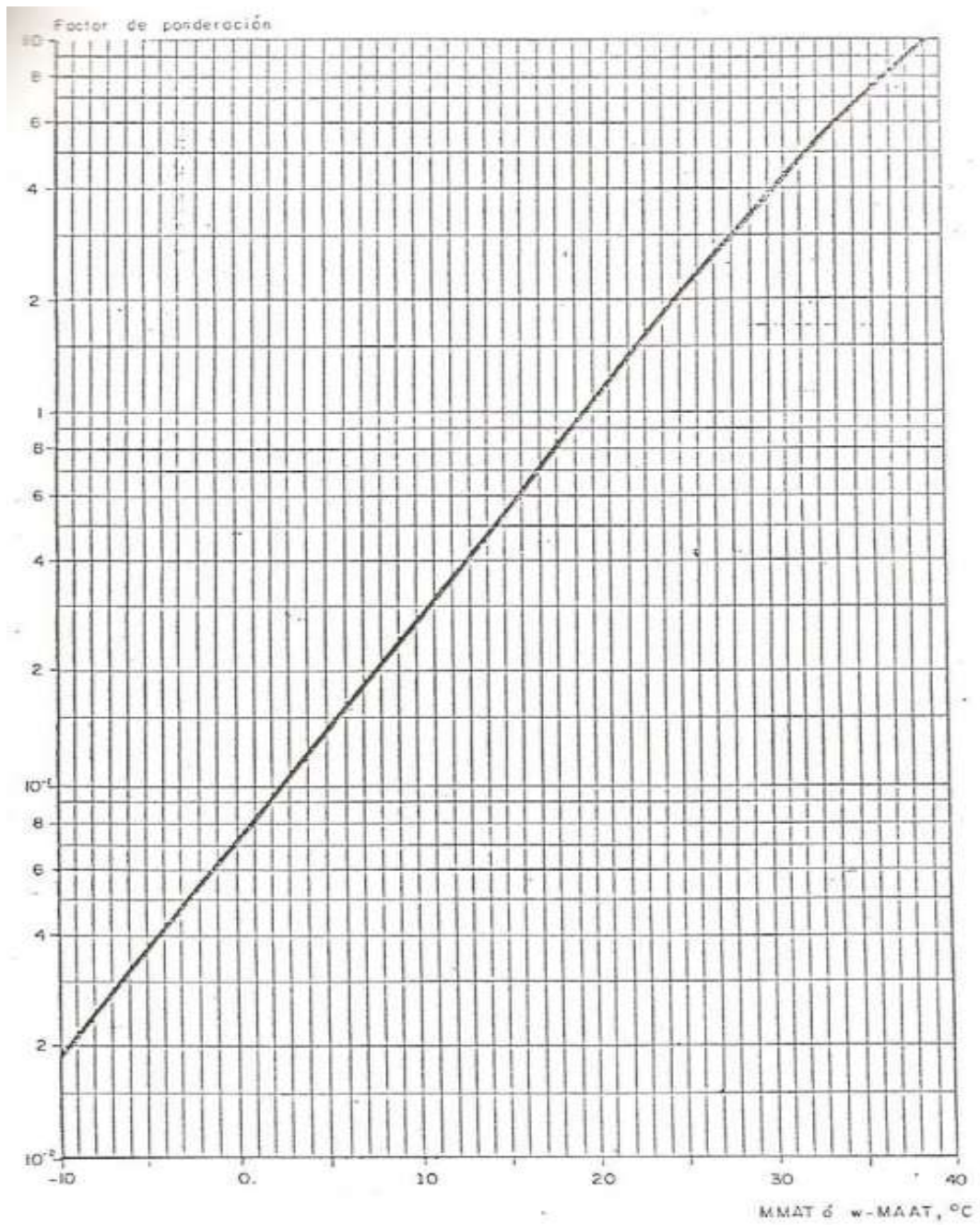


Figura IV.4 Curva de ponderación de temperatura

Fuente: Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum

Factor de ponderación promedio: $\frac{13,3}{12} = 1.11$

TEMPERATURA PROMEDIO PONDERADA	20,3
---------------------------------------	-------------

5) TIPIFICACION DE LA MEZCLA ASFALTICA

Características de rigidez.
(S):

S2

Mezclas de baja rigidez, mezclas abiertas que tiene un alto contenido de vacíos con aire y un bajo contenido de asfaltos

Características de resistencia a la fatiga. (F):

F1

alta resistencia y que tienen cantidades moderadas de vacíos con aire y de asfalto

Características del cemento asfáltico utilizado.

50

Penetración de 50 (1/10 mm) que se emplean en clima caliente

Tipo de mezclas:

S2-
F1-
50

6) CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PENETRACIÓN Y DEL MÓDULO DINÁMICO DEL ASFALTO - SASF

Tiempo de aplicación de la carga (t)
 $\text{Log}(t) = 0,005 \times \text{hasf} - 0,2 - 0,94 \times \text{Log}(V)$

hasf= altura del asfalto
 V= velocidad de operación (km/H)

hasf=	5	cm
V=	70	km/h

t= 0,01 segundos

Temperatura de la mezcla, T_{mix}

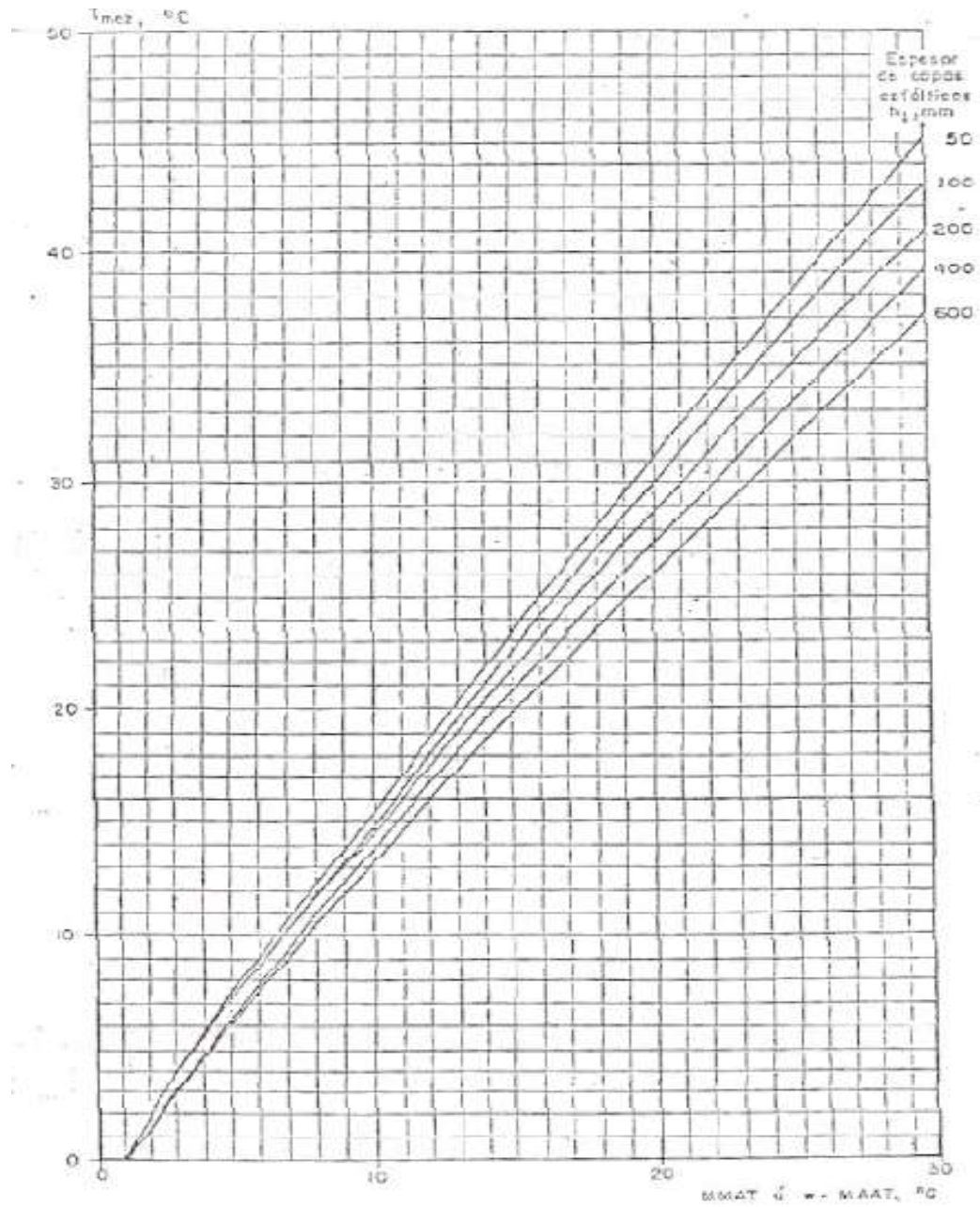


FIGURA IV.5 Relación entre temperatura efectiva de la capas asfálticas y de la mezcla

Fuente: Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum

***T_{mix}* 29 °C**

Temperatura penetración 1/10 mm

<i>Temperatura °C</i>	<i>Penetración</i>
20	50
25	77
28	92

Cálculo del índice de penetración y del módulo dinámico del asfalto

Bitumen Stiffness (SBIT) : 2 [X]

Select Calculation Method

- Softening Point (T800Pen) and Penetration Index
- Softening Point (T800Pen) and Penetration with Temperature
- Use 2 x Penetration with Temperature
- Penetration with Temperature and Penetration Index

Input Parameters

Parameter	Unit	Range	From	To	Step
Time of Loading	Seconds ▾	<input type="checkbox"/> ?	.01		
Bitumen Temp.	°C	<input type="checkbox"/> ?	28		
Pen Value 1	0.1mm	<input type="checkbox"/> ?	50		
Pen Temp. 1	°C		20		
Pen Value 2	0.1mm	<input type="checkbox"/> ?	77		
Pen Temp. 2	°C		25		

Results

Bitumen Stiffness	MPa	5.510
Softening Point	°C	52.1
Penetration Index	-	0.4

Módulo dinámico del asfalto (S _{asf})	4,76	Mpa
Punto de ablandamiento (T800)	52,1	°C
Indice de Penetración (I _p)	0,4	

7) DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE LA MEZCLA – S mix

Asphalt Mix Stiffness (SMIX) : 4

Input Parameters

Parameter	Unit	Range	From	To	Step
Bitumen Stiffness	MPa	<input type="checkbox"/> ?	5.51		
Volume Percentage Bitumen	%v/v	<input type="checkbox"/> ?	11		
Volume Percentage Aggregate	%v/v	<input type="checkbox"/> ?	85		

Results

Percentage Voids %v/v 4.00

Mix Stiffness MPa 1610

Results Table Results Report Help Cancel

Determinar si la mezcla es del tipo S1 o S2:

Datos	Módulo dinámico	Mpa	N/m ²
	Asfalto Sasf	5,51	5,51x10 ⁷
	Módulo Dinámico de la mezcla (S mix)	1610	1,61x10 ⁹

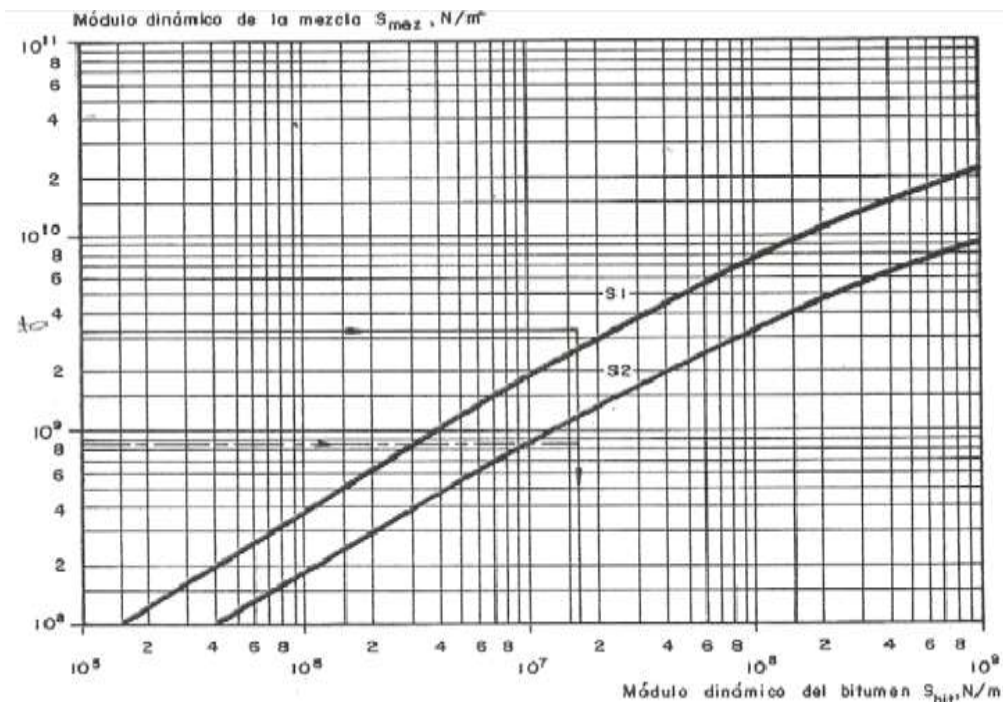


Figura IV.6 Comparación entre módulo dinámico de la mezcla y módulo dinámico del asfalto

Fuente: Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum

Resultado: Mezcla tipo S2

8) FATIGA DE LA MEZCLA

Asphalt Mix Fatigue Life (NFAT) : 1

Select Calculation Method

Calculate Fatigue Life Calculate Fatigue Strain

Input Parameters

Parameter	Unit	Range	From	To	Step
Volume Percentage Bitumen	%v/v	<input type="checkbox"/> ?	11		
Asphalt Mix Stiffness	MPa	<input type="checkbox"/> ?	1610		
Fatigue Life	x 1000	<input type="checkbox"/> ?	1032		

Results

Fatigue Strain $\mu\text{m}/\text{m}$ 319.0

Results Table Results Report Help Cancel

Deformación horizontal de la capa asfáltica, $\epsilon_r = 319.0 \mu\text{m}/\text{m}$

$$\epsilon_r = 3.19 \cdot 10^{-4}$$

Determinar si la mezcla es del tipo F1 o F2:

Datos

$\epsilon_r = 3.19 \cdot 10^{-4}$	
N (8,2 t)	$1,032 \cdot 10^6$
Módulo Dinámico de la mezcla (S mix)	$1,61 \cdot 10^9$

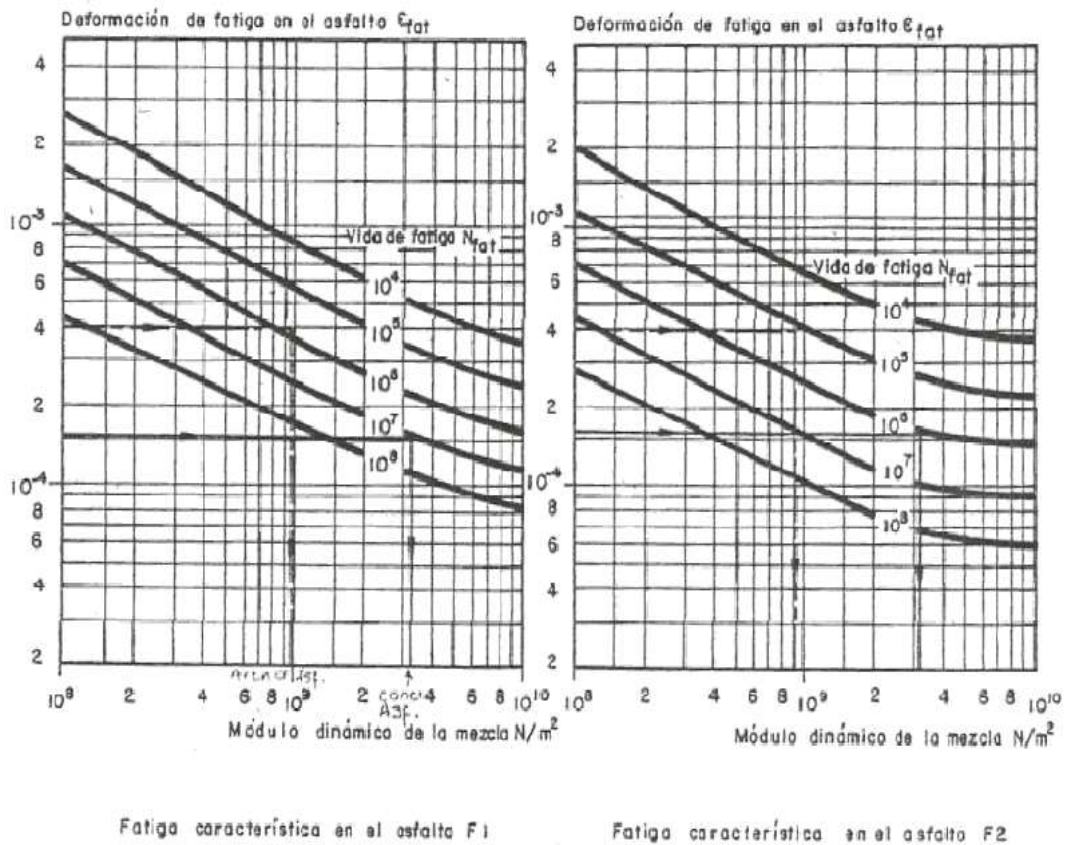


Figura IV.7 Fatiga característica de los asfaltos F1 y F2

Fuente: Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum

MEZCLA TIPO F1

9) DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Datos

Temperatura promedio ponderada	20,3
Módulo de resiliencia del suelo de subrasante	517,30
Código de la mezcla	S2-F1-50
N (8,2 t)	$1,032 \times 10^6$

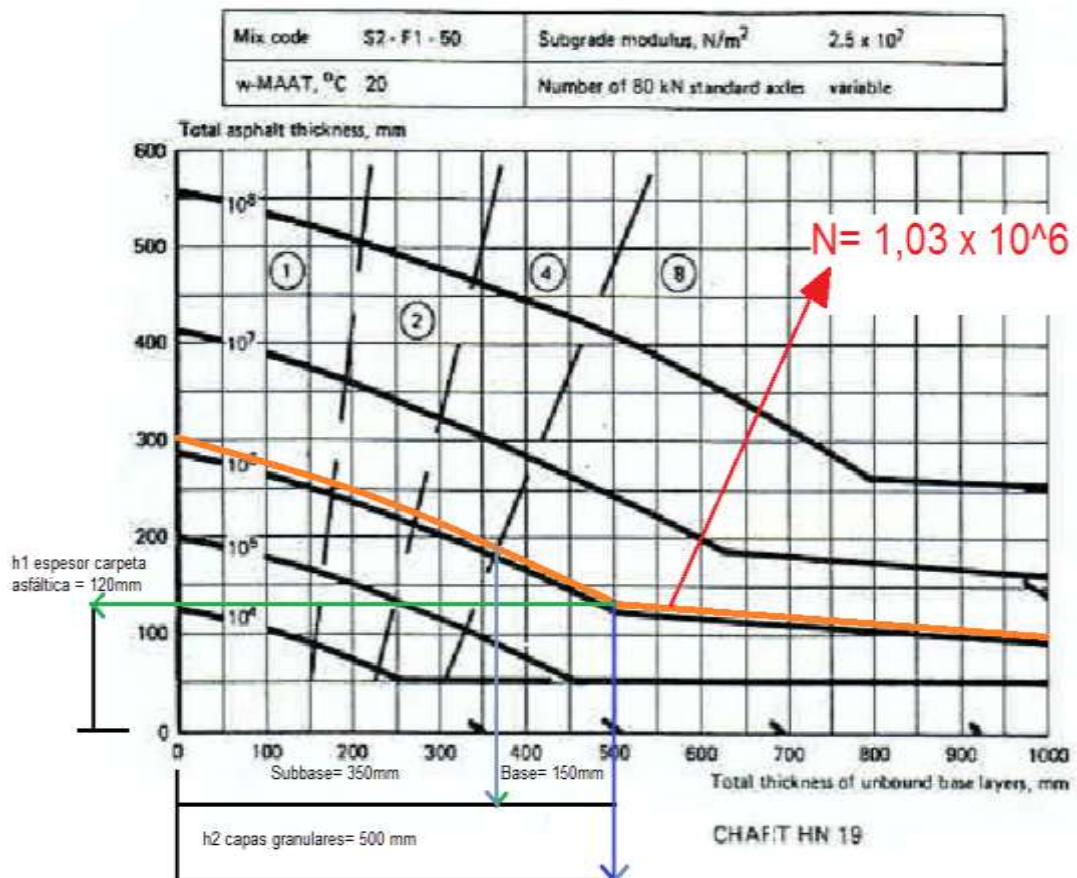


Figura IV.8 Carta Shell HN 19

Fuente: Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum

h1=	120 mm	(espesor total capa asfáltica)
h2=	500mm	(espesor capas granulares)
hsbg=	350mm	(espesor subbase)
hbg=	150mm	(espesor base)

10) MODELO ESTRUCTURAL

Datos

- Radio de carga, $a = 10.8 \text{ cm} = 0.108 \text{ m}$
- Presión de contacto, $q = 5.6 \text{ Kg/cm}^2 = 549 \text{ Mpa}$
- Separación entre ejes, $s = 32.4 \text{ cm} = 0.324 \text{ m}$
- N_c para calcular $\epsilon_z \text{ adm} = 85\%$ (Criterio Shell).

ALTERNATIVA 1

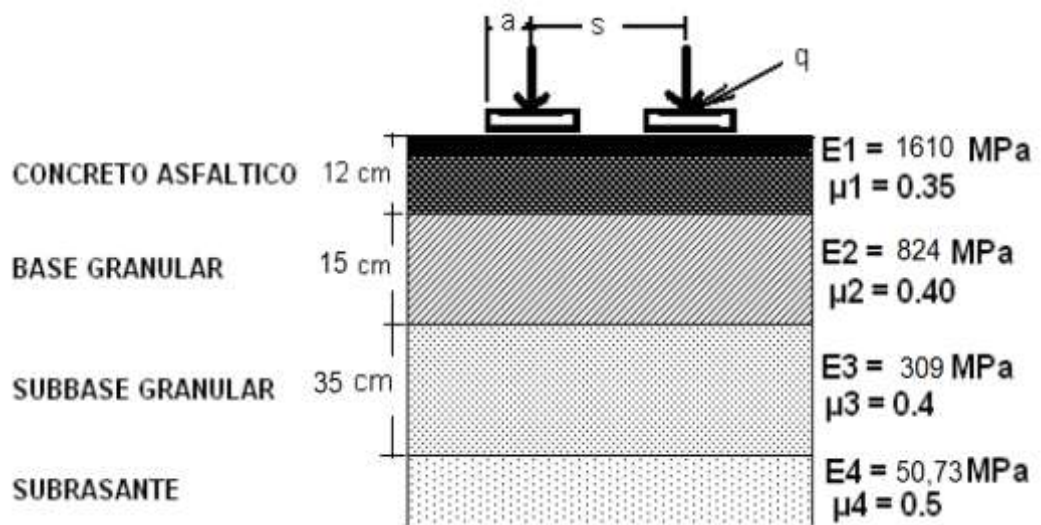


Figura IV.9 Alternativa 1 de diseño SHELL

Fuente: Material de apoyo para diseño de pavimentos asfálticos – Método

Shell 78

Modulo	Kg/cm2
E1	16417,43
E2	8402,46
E3	3150,92
E4	517,3

11) ESFUERZOS, DEFORMACIONES Y DEFLEXIONES DE LA ESTRUCTURA UTILIZANDO EL PROGRAMA DEPAV

Número de Capas [2..6]	4			
Radio de Carga [cm]	10.8			
Presión de Contacto [Kg/cm ²]	5.6			
Distancia Entre Ejes de Llantas [cm]	32.4			
Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]	Ligada ó No
1ª	16417.43	0.35	12	N
2ª	8402.46	0.4	15	N
3ª	3150.92	0.4	35	N
4ª	517.3	0.5		
5ª				
6ª				

Título del Trabajo : VIA CUICOCHA-APUELA					
Número de Capas : 4			Alternativa : 1		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon I	Sigma I (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1ª	0.00	2.5900E-04 B	9.0243E+00 B	-1.3400E-04 C	5.5982E+00 A
	12.00	-3.6700E-04 B	-7.0665E+00 B	4.4200E-04 B	2.7634E+00 B
2ª	12.00	2.1000E-04 C	4.3949E+00 B	-1.2000E-04 C	2.7634E+00 B
	27.00	-3.3300E-04 C	-3.1203E+00 B	4.1400E-04 B	1.2542E+00 B
3ª	27.00	2.1900E-04 C	1.8762E+00 C	-7.2600E-05 C	1.2542E+00 B
	62.00	-3.0900E-04 C	-1.2848E+00 C	4.3000E-04 C	3.7831E-01 C
Deflexión		= 65.640 mm/100			
Radio de Curvatura		= 159.320 m			

RESULTADOS

A = BAJO UNA RUEDA SIMPLE

B = BAJO UNA DE LAS LLANTAS DE LA RUEDA DOBLE

C = BAJO EL CENTRO DE LA RUEDA DOBLE

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR DE SERVICIO
εr1	Deformación radial de tracción en la base de la carpeta asfáltica	-3.67x10 ⁻⁴ strain
εZ4	Deformación vertical de compresión sobre la Subrasante	4.3x10 ⁻⁴ strain
σz3	Esfuerzo de compresión vertical sobre la capa subrasante	3.78x10 ⁻¹ kg/cm ²
Δo	Deflexión del modelo estructural	0,656 mm

12) ESFUERZOS, DEFORMACIONES Y DEFLEXIONES ADMISIBLES UTILIZANDO EL PROGRAMA CEDAP

Deformación de Tracción Admisible

Archivo Resultados Acerca de CEDAP

Deformación de Tracción Admisible Tránsito

Parámetros de Entrada:

Tránsito: Ejes de 8.2 Ton.

Rigidez de Mezcla: MPa

Vol. de Asfalto: %

Factor de Calage: ¿K?

Reporte

Deformación de Tracción Admisible:

Shell International: strain

Instituto del Asfalto: strain

TRRL: strain

CRR de Bélgica: strain

Universidad Nottingham: strain

Illinois DOT: strain

CEDEX de España: strain

Deflexión Admisible

Archivo Resultados Acerca de CEDAP

Deflexión Admisible Tránsito

Parámetros de Entrada:

Tránsito: Ejes de 8.2 Ton

Reporte

Deflexión Admisible:

Criterio de Huang: mm

Instituto del Asfalto: mm

AASHTO Road Test (Ft = 2.5): mm

CGRA de Canadá: mm

RTAC de Canadá: mm

Criterio de Ivanov: mm

Criterio Checoslovaco: mm

Criterio Belga: mm

Deformación Vertical Admisible

Archivo Resultados Acerca de CEDAP

Deformación Vertical Admisible Tránsito

Parámetros de Entrada:

Tránsito: Ejes de 8.2 Ton.

Shell: NC = 50% NC = 85% NC = 95%

Reporte

Deformación Vertical Admisible:

Shell International: strain

Instituto del Asfalto: strain

TRRL: strain

CRR de Bélgica: strain

Universidad Nottingham: strain

Domon y Metcalf: strain

Chevron: strain

LCPC de Francia: strain

Esfuerzo Vertical Admisible

Archivo Resultados Acerca de CEDAP

Esfuerzo Vertical Admisible Tránsito

Parámetros de Entrada:

Tránsito: Ejes de 8.2 Ton

CBR: %

Reporte

Esfuerzo Vertical Admisible:

CRR de Bélgica: MPa

Kethoven y Domon: MPa

ALTERNATIVA 2

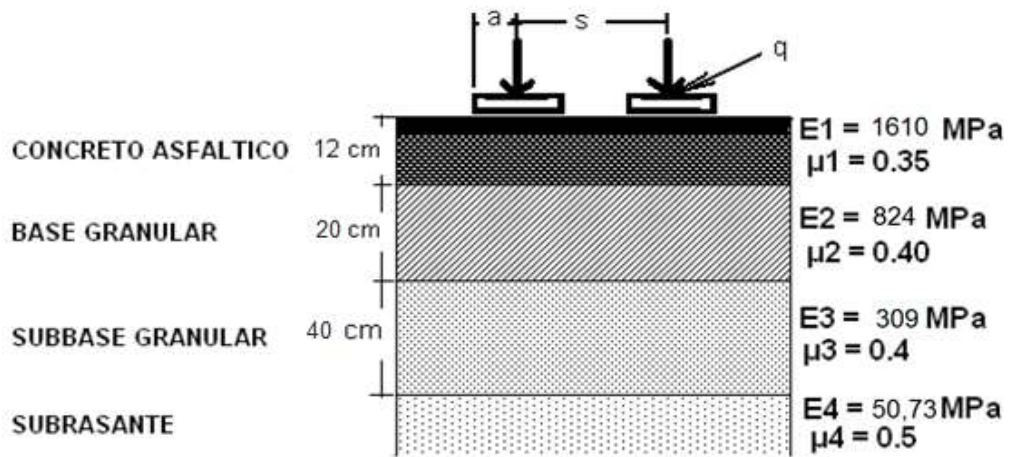


Figura IV.10 Alternativa 2 de diseño SHELL

Fuente: Material de apoyo para diseño de pavimentos asfálticos – Método

Shell 78

Número de Capas [2..6] 4				
Radio de Carga [cm]			10.8	
Presión de Contacto [Kg/cm ²]			5.6	
Distancia Entre Ejes de Llantas [cm]			32.4	
Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]	Ligada ó No
1ª	16417.43	0.35	12	L
2ª	8400	0.4	20	N
3ª	3150	0.4	40	N
4ª	517	0.5		
5ª				
6ª				

Título del Trabajo : VIA CUICOCHA-APUELA					
Número de Capas : 4			Alternativa : 1		
Capa Nº	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1ª	0.00	2.0500E-04 B	7.8415E+00 B	-1.0700E-04 C	5.5982E+00 A
	12.00	-1.2100E-04 B	-1.4174E+00 B	2.1900E-04 A	2.6818E+00 B
2ª	12.00	-1.2100E-04 B	2.1108E-01 B	2.9300E-04 A	2.6818E+00 B
	32.00	-2.2800E-04 C	-2.4881E+00 C	2.8800E-04 C	6.0876E-01 C
3ª	32.00	1.0400E-04 C	9.2487E-01 C	-3.6400E-05 C	6.0876E-01 C
	72.00	-1.5000E-04 C	-6.2304E-01 C	2.1800E-04 C	2.0394E-01 C
Deflexión		= 47.970 mm/100			
Radio de Curvatura		= 257.530 m			

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR DE SERVICIO
$\epsilon r1$	Deformación radial de tracción en la base de la carpeta asfáltica	-1.21x10⁻⁴ strain
$\epsilon Z4$	Deformación vertical de compresión sobre la Subrasante	2.18x10⁻⁴ strain
$\sigma z3$	Esfuerzo de compresión vertical sobre la capa subrasante	2.03x10⁻¹ kg/cm2
Δo	Deflexión del modelo estructural	0,479 mm

COMPARACIÓN

PARÁMETRO	CAPA	VALOR DE SERVICIO	VALOR ADMISIBLE	CHECK
$\epsilon r1$	ASFALTO	-1.21x10 ⁻⁴ strain	2.517x10 ⁻⁴ strain	OK
$\epsilon Z4$	SUBRASANTE	2.18x10 ⁻⁴ strain	3.598x10 ⁻⁴ strain	OK
$\sigma z3$	SUBRASANTE	2.03x10 ⁻¹ kg/cm2	4.619x10 ⁻² kg/cm2	OK
Δo	MODELO ESTRUCTURAL	0,479 mm	0,498 mm	OK

PARA LA VÍA CUICOCHA-APUELA KM32 A 38 SE TOMA EL DISEÑO DE LA ALTERNATIVA 2

4.6. Cantidades y costos totales

De los diseños AASHTO y SHELL se decide acoger el segundo, ya que según nuestra apreciación, este tendría mayor sustento técnico y un diseño racional del pavimento. Decidido este aspecto se procede a la comparación a nivel económico de los dos diseños planteados para la vía en estudio. Para lo cual se debió cuantificar los volúmenes de cada rubro y posterior a esto la realización de los análisis de precios unitarios que intervendrán únicamente en lo que respecta a calzada de la vía, ya que se considera que las obras de drenaje y movimientos de tierra (corte y relleno) se verán influenciados por el diseño geométrico y estudio hidráulico de la vía mas no de la estructura del pavimento.

Los costos se basan en los recopilados en la zona o los poblados de adquisición de materiales más cercano.

La situación real del proyecto de construcción de esta carretera plantea el minado en el río Apuela, el cual se encuentra paralelo a la vía. Con motivo de la investigación se a planteado dos escenarios, el existente con mina a un costado de la vía y otro sin minas cercanas llevando el material pétreo desde Ibarra a una distancia de 70 km.

A continuación se presenta la memoria de cálculo de los volúmenes de obra para cada diseño:

CUANTIFICACIÓN DE VOLUMENES DE OBRA PARA DISEÑO SHELL

Item	1					UNIDAD:	m2
RUBRO:	Acabado de obra básica						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	NUMERO	TOTAL		
Preparación de subrasante : rasanteo, humedecimiento, compactación y escarificación	6000	9,2			55.200,00		
					-		
TOTAL					55.200,00		

Item	2					UNIDAD:	m3
RUBRO:	SubBase Clase 2						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	NUMERO	TOTAL		
Area del tramo seleccionado. Capa de Subbase = 40 cm	6000	9,2	0,4		22.080,00		
					-		
TOTAL					22.080,00		

Item	3					UNIDAD:	m3-km
RUBRO:	Transporte de Subbase						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	VOLUMEN	DISTANCIA			TOTAL		
Area del tramo seleccionado. Capa de Subbase = 40 cm	22.080,00	12			264.960,00		
					-		
TOTAL					264.960,00		

Item	4					UNIDAD:	m3
RUBRO:	Base clase 2						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	NUMERO	TOTAL		
Area del tramo seleccionado. Capa de Base = 20 cm	6000	8,2	0,2		9.840,00		
					-		
TOTAL					9.840,00		

Item	5					UNIDAD:	m3-km
RUBRO:	Transporte de base						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	VOLUMEN	DISTANCIA			TOTAL		
Area del tramo seleccionado. Capa de Base = 20 cm	9.840,00	18			177.120,00		
					-		
TOTAL					177.120,00		

Item	6					UNIDAD:	ltr	
RUBRO:	Emulsión asfáltica en imprimación							
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	TOTAL			
Cantidad de riego bituminoso de adherencia 0,15 - 0,45 litros /m2. Escogido = 0,30 litros / m2	6000	7,2		0,3	12.960,00			
					-			
TOTAL					12.960,00			

Item	7					UNIDAD:	m2	
RUBRO:	Capa rodadura hormigón asfáltico (caliente) 5.0cm							
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	TOTAL			
	6000	7,2			43.200,00			
					-			
TOTAL					43.200,00			

Item	8					UNIDAD:	m3-km	
RUBRO:	Transporte de hormigón asfáltico							
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	VOLUMEN	DISTANCIA			TOTAL			
	2160	1			2160,00			
					-			
TOTAL					2.160,00			

CUANTIFICACIÓN DE VOLUMENES DE OBRA PARA DISEÑO CONSOLID

Item	1					UNIDAD:	m2
RUBRO:	Acabado de obra básica						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	NUMERO	TOTAL		
Preparación de subrasante : rasanteo, humedecimiento, compactación y escarificación	6000	9,2			55.200,00		
					-		
TOTAL					55.200,00		

Item	2					UNIDAD:	m3
RUBRO:	SubBase Tipo Consolid (15cm)						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	ESPONJAMIENTO	TOTAL		
No hay transporte al usarse material existente	6000	9,2	0,15		8.280,00		
					-		
TOTAL					8.280,00		

Item	3					UNIDAD:	m3
RUBRO:	Base Tipo Consolid (10cm)						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	NUMERO	TOTAL		
No hay transporte al usarse material existente	6000	8,2	0,1		4.920,00		
					-		
TOTAL					4.920,00		

Item	4					UNIDAD:	ltr
RUBRO:	Emulsión asfáltica en imprimación						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	TOTAL		
Cantidad de riego bituminoso de adherencia 0,15 - 0,45 litros /m2. Escogido = 0,30 litros / m2	6000	7,2		0,3	12.960,00		
					-		
TOTAL					12.960,00		

Item	5					UNIDAD:	m2
RUBRO:	Capa rodadura hormigón asfáltico (caliente) 12.0cm						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	TOTAL		
	6000	7,2			43.200,00		
					-		
TOTAL					43.200,00		

Item	6					UNIDAD:	m3-km
RUBRO:	Transporte de hormigón asfáltico						
DESCRIPCIÓN - UBICACIÓN	VOLUMEN	DISTANCIA			TOTAL		
	2160	1			2.160,00		
					-		
TOTAL					2.160,00		

PRESUPUESTOS:

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS (DISEÑO SHELL)

Obra:

Vía Cuicocha - Apuela km 32 a km 38

(Con minado del río Apuela, distancia promedio 12,5km)
--

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	CALZADA				
1	Acabado de obra básica	m2	55.200,00	0,63	34.776,00
2	SubBase Clase 2	m3	22.080,00	13,56	299.404,80
3	Transporte de Subbase	m3-km	264.960,00	0,23	60.940,80
4	Base clase 2	m3	9.840,00	16,44	161.769,60
5	Transporte de base	m3-km	177.120,00	0,23	40.737,60
6	Emulsión asfáltica en imprimación	ltr	12.960,00	0,61	7.905,60
7	Capa rodadura hormigón asfáltico (caliente) 12.0cm	m2	43.200,00	11,28	487.242,86
8	Transporte de hormigón asfáltico	m3-km	2.160,00	0,29	626,40
				TOTAL	1.093.403,66

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS (DISEÑO SHELL)

Obra:

Vía Cuicocha - Apuela km 32 a km 38

(Sin minas cercanas, transporte desde Ibarra 70 km)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	CALZADA				
1	Acabado de obra básica	m2	55.200,00	0,63	34.776,00
2	SubBase Clase 2	m3	22.080,00	13,56	299.404,80
3	Transporte de Subbase	m3-km	1.545.600,00	0,23	355.488,00
4	Base clase 2	m3	9.840,00	16,44	161.769,60
5	Transporte de base	m3-km	688.800,00	0,23	158.424,00
6	Emulsión asfáltica en imprimación	ltr	12.960,00	0,61	7.905,60
7	Capa rodadura hormigón asfáltico (caliente) 5.0cm	m2	43.200,00	12,50	540.000,00
8	Transporte de hormigón asfáltico	m3-km	2.160,00	0,29	626,40
				TOTAL	1.558.394,40

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS (DISEÑO CONSOLID)

Obra: *Vía Cuicocha - Apuela km 32 a km 38*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	CALZADA				
1	Acabado de obra básica	m2	55.200,00	0,63	34.776,00
2	SubBase Tipo Consolid (15cm)	m3	8.280,00	55,45	459.126,00
3	Base Tipo Consolid (10cm)	m3	4.920,00	105,49	519.010,80
4	Emulsión asfáltica en imprimación	ltr	12.960,00	0,61	7.905,60
5	Capa rodadura hormigón asfáltico (caliente) 5.0cm	m2	43.200,00	12,50	540.000,00
6	Transporte de hormigón asfáltico	m3-km	2.160,00	0,29	626,40
				TOTAL	1.561.444,80

4.7 Análisis de precios unitarios

Los análisis de precios unitarios son la base técnica para la obtención de los valores financieros que representará cada rubro en un proyecto, por lo tanto para nuestros presupuestos fue necesaria la elaboración de éstos basándose en las especificaciones técnicas y metodologías que contempla el MOP-001 para la construcción de vías, y con datos reales de rendimiento de la maquinaria obtenidos del Gobierno Provincial de Imbabura, institución encargada del proceso para la construcción de esta carretera, además de costos de materiales obtenidos de fabricantes y distribuidores en la zona y sus alrededores. Así mismo apegados a la situación real de un proyecto se debe establecer un porcentaje de costos indirectos, en nuestro caso se fijó este valor en 20%.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
RUBRO: Acabado de obra básica

No 1
UNIDAD: m2

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	8,00	0,05	0,40	0,003	0,00
Motoniveladora	1,00	45,00	45,00	0,003	0,14
Rodillo liso	1,00	30,00	30,00	0,003	0,09
Tanquero	1,00	18,00	18,00	0,003	0,05
Tractor de oruga	1,00	60,00	60,00	0,003	0,18
SUB TOTAL M					0,46
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	1,00	2,56	2,56	0,003	0,01
Operador de maquinaria G1	3,00	2,71	8,13	0,003	0,02
Ayudante de maquinaria	3,00	2,58	7,74	0,003	0,02
Chofer tipo E	1,00	3,69	3,69	0,003	0,01
SUB TOTAL N					0,07
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL O					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,53
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					0,11
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,63
VALOR OFERTADO					0,63

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sub base clase 2

No 2
UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	6,00	0,05	0,30	0,020	0,01
Motoniveladora	1,00	45,00	45,00	0,020	0,90
Rodillo liso	1,00	25,00	25,00	0,020	0,50
Tanquero	1,00	18,00	18,00	0,020	0,36
SUB TOTAL M					1,77
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón (Cat I)	1,00	2,56	2,56	0,020	0,05
Operador de maquinaria	2,00	2,71	5,42	0,020	0,11
Ayudante de maquinaria	2,00	2,58	5,16	0,020	0,10
Chofer	1,00	3,69	3,69	0,020	0,07
SUB TOTAL N					0,34
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Sub base clase 2	m3	1,150	8,00	9,20	
SUB TOTAL O					9,20
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11,30
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					2,26
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					13,56
VALOR OFERTADO					13,56

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de base y sub base

 No 3
 UNIDAD: m3/km

DETALLE:

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	2,00	0,05	0,10	0,008	0,00
Volqueta	1,00	18,00	18,00	0,008	0,14
SUB TOTAL M					0,15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	1,00	2,56	2,56	0,008	0,02
Chofer Tipo E	1,00	3,69	3,69	0,008	0,03
SUB TOTAL N					0,05
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL O					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,20
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					0,04
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,23
VALOR OFERTADO					0,23

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 RUBRO: Base clase 2

No 4
 UNIDAD: m3

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	6,00	0,05	0,30	0,020	0,01
Motoniveladora	1,00	45,00	45,00	0,020	0,90
Rodillo liso	1,00	30,00	30,00	0,020	0,60
Tanquero	1,00	18,00	18,00	0,020	0,36
SUB TOTAL M					1,87
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón (Cat I)	1,00	2,56	2,56	0,020	0,05
Operador de maquinaria	2,00	2,71	5,42	0,020	0,11
Ayudante de maquinaria	2,00	2,58	5,16	0,020	0,10
Chofer	1,00	3,69	3,69	0,020	0,07
SUB TOTAL N					0,34
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Base clase 2	m3	1,150	10,00	11,50	
SUB TOTAL O					11,50
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13,70
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					2,74
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					16,44
VALOR OFERTADO					16,44

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Emulsión asfáltica en imprimación

No 5
UNIDAD: ltr

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	5,00	0,05	0,25	0,003	0,00
Escoba mecánica	1,00	20,00	20,00	0,003	0,06
Tanquero	1,00	18,00	18,00	0,003	0,05
SUB TOTAL M					0,12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	2,00	2,56	5,12	0,003	0,02
Operador de maqunaria G2	1,00	2,66	2,66	0,003	0,01
Ayudante de maquinaria	1,00	2,58	2,58	0,003	0,01
Chofer tipo E	1,00	3,69	3,69	0,003	0,01
SUB TOTAL N					0,04
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Emulsión asfáltica	ltr	1,000	0,35	0,35	
SUB TOTAL O					0,35
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,51
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					0,10
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,61
VALOR OFERTADO					0,61

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta e=12 cm con mina cercana

No 6
UNIDAD: m2

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	24,00	0,05	1,20	0,007	0,01
Planta asfáltica	1,00	120,00	120,00	0,007	0,84
Planta eléctrica	1,00	25,60	25,60	0,007	0,18
Terminadora de asfaltos	1,00	77,80	77,80	0,007	0,54
Rodillo vibratorio liso	1,00	25,50	25,50	0,007	0,18
Rodillo nemático	1,00	31,25	31,25	0,007	0,22
Cargadora frontal	1,00	21,00	21,00	0,007	0,15
SUB TOTAL M					2,113
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	10,00	2,56	25,60	0,004	0,102
Operador de maquinaria G1	3,00	2,71	8,13	0,004	0,033
Operador de maquinaria G2	3,00	2,66	7,98	0,004	0,032
Ayudante de maquinaria	6,00	2,58	15,48	0,004	0,062
Chofer tipo E	1,00	3,69	3,69	0,004	0,015
Inspector de obra	1,00	2,71	2,71	0,004	0,011
SUB TOTAL N					0,26
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Asfalto RC 250	ltr	14,400	0,27	3,845	
Material pétreo para carpeta asfáltica	m3	0,140	13,00	1,820	
Diesel	ltr	3,000	0,25	0,735	
Aditivo de adherencia	ltr	0,135	4,68	0,631	
SUB TOTAL O					7,031
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					9,40
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					1,88
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11,28
VALOR OFERTADO					11,28

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

No 7

RUBRO: Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta
e=12cm sin mina cercana

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	24,00	0,05	1,20	0,004	0,01
Planta asfaltadora	1,00	100,00	100,00	0,004	0,40
Generador eléctrico	1,00	25,00	25,00	0,004	0,10
Cargadora frontal	1,00	28,00	28,00	0,004	0,11
Volqueta	1,00	18,00	18,00	0,004	0,07
Terminadora de asfalto	1,00	65,00	65,00	0,004	0,26
Rodillo liso vibratorio	1,00	30,00	30,00	0,004	0,12
Rodillo neumático	1,00	25,00	25,00	0,004	0,10
SUB TOTAL M					1,17
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	10,00	2,56	25,60	0,004	0,10
Operador de maquinaria G1	3,00	2,71	8,13	0,004	0,03
Operador de maquinaria G2	3,00	2,66	7,98	0,004	0,03
Ayudante de maquinaria	6,00	2,58	15,48	0,004	0,06
Chofer tipo E	1,00	3,69	3,69	0,004	0,02
Inspector de obra	1,00	2,71	2,71	0,004	0,01
SUB TOTAL N					0,26
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Asfalto RC 250	ltr	14,400	0,27	3,845	
Material pétreo para carpeta asfáltica	m3	0,140	27,00	3,780	
Diesel	ltr	3,000	0,25	0,735	
Aditivo de adherencia	ltr	0,135	4,68	0,631	
SUB TOTAL O					8,99
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					10,41
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					2,08
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					12,50
VALOR OFERTADO					12,50

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de hormigón asfáltico

No 8
UNIDAD: m3/km

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	2,00	0,05	0,10	0,010	0,00
Volqueta	1,00	18,00	18,00	0,010	0,18
SUB TOTAL M					0,18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	1,00	2,56	2,56	0,010	0,03
Chofer Tipo E	1,00	3,69	3,69	0,010	0,04
SUB TOTAL N					0,06
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL O					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,24
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					0,05
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,29
VALOR OFERTADO					0,29

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sub base clase — con polímeros C-444

No 9
UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	11,00	0,05	0,55	0,013	0,01
Motoniveladora	1,00	45,00	45,00	0,013	0,59
Rodillo liso	1,00	30,00	30,00	0,013	0,39
Tanquero	1,00	18,00	18,00	0,013	0,23
Tractor agrícola	1,00	28,00	28,00	0,013	0,36
SUB TOTAL M					1,58
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	4,00	2,56	10,24	0,013	0,13
Operador de maquinaria G1	3,00	2,71	8,13	0,013	0,11
Ayudante de maquinaria	3,00	2,58	7,74	0,013	0,10
Chofer tipo E	1,00	3,69	3,69	0,013	0,05
SUB TOTAL N					0,39
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Material de excavación	m3	1,000			
Polímero C-444	ltr	0,800	55,30	44,24	
SUB TOTAL O					44,24
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					46,21
INDIRECTO Y UTILIDADES				20%	9,24
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					55,45
VALOR OFERTADO					55,45

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

No 10

RUBRO: Base clase – con plímetros C-444; y SD

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS:					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta manual	11,00	0,05	0,55	0,011	0,01
Motoniveladora	1,00	45,00	45,00	0,011	0,50
Rodillo liso	1,00	30,00	30,00	0,011	0,33
Tanquero	1,00	18,00	18,00	0,011	0,20
Tractor agrícola	1,00	28,00	28,00	0,011	0,31
SUB TOTAL M					1,34
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón	4,00	2,56	10,24	0,011	0,11
Operador de maquinaria G1	3,00	2,71	8,13	0,011	0,09
Ayudante de maquinaria	3,00	2,58	7,74	0,011	0,09
Chofer tipo E	1,00	3,69	3,69	0,011	0,04
SUB TOTAL N					0,33
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
		A	B	C=AxB	
Tierra excavada	m3	1,000			
Polímero C-444	ltr	0,800	55,30	44,24	
Consolid SD	kg	30,000	1,40	42,00	
SUB TOTAL O				86,24	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=AxB	
SUB TOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					87,91
INDIRECTO Y UTILIDADES 20%					17,58
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					105,49
VALOR OFERTADO					105,49

4.8. Comparación de costos entre diseños

La siguiente tabla muestra los costos totales que se obtuvo de cada diseño y situación planteados en los presupuestos:

COSTO DE LA VIA	
	COSTO (USD)
Diseño de pavimento SHELL Con minado del río Apuela, distancia promedio 12,5km	910.288,80
Diseño de pavimento SHELL sin minas cercanas, transporte desde Ibarra 70 km	1.358.810,40
Diseño de pavimento con CONSOLID	1.361.860,80

Tabla 4.1 Comparación de costos entre diseño granular y diseño Consolid

Por motivos de investigación se realizó la siguiente tabla, suponiendo el escenario de la no existencia de minas cercanas, de la cual se puede extraer la distancia de balance en la cual el costo de los dos diseños tendrían valor similar y desde la cual se produce un mayor costo en el diseño granular vs el diseño Consolid.

*COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE DISEÑO SHELL GRANULAR vs
DISEÑO CONSOLID SIN MINAS CERCANAS PARA DISTINTOS
KILÓMETROS*

km	Diseño SHELL	Diseño CONSOLID
65	1.508.510,40	1.548.268,80
66	1.518.487,20	1.550.904,00
67	1.528.464,00	1.553.539,20
68	1.538.440,80	1.556.174,40
69	1.548.417,60	1.558.809,60
70	1.558.394,40	1.561.444,80
71	1.568.371,20	1.564.080,00
72	1.578.348,00	1.566.715,20
73	1.588.324,80	1.569.350,40
74	1.598.301,60	1.571.985,60
75	1.608.278,40	1.574.620,80
76	1.618.255,20	1.577.256,00
77	1.628.232,00	1.579.891,20
78	1.638.208,80	1.582.526,40
79	1.648.185,60	1.585.161,60
80	1.658.162,40	1.587.796,80

Tabla 4.2 Costos para distintos kilómetros del diseño Shell y Consolid

GRAFICO DISEÑO SHELL vs DISEÑO CONSOLID

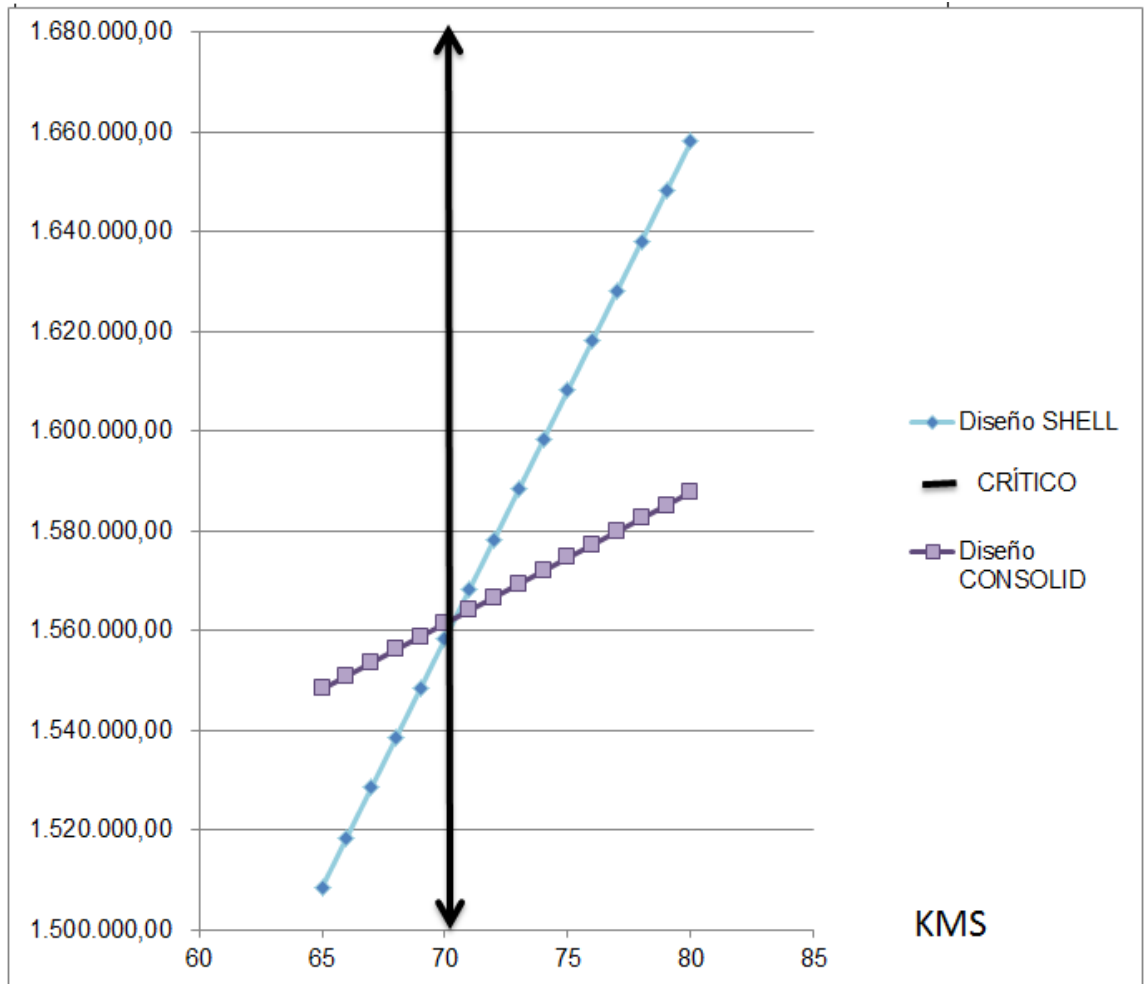


Figura IV.13 Gráfica comparativa de costos entre diseño Shell y diseño Consolid

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Resultados

INDICE PLÁSTICO		
Abscisa	Natural	Consolid
32+600	2	NP
33+500	NP	NP
34+700	2	NP
35+700	19	8
36+700	28	8
37+700	8	8

Humedad Óptima (%)		
Abscisa	Natural	Consolid
32+600	17,03	19,54
33+500	14,84	13,77
34+700	15,2	15,71
35+700	42,68	45,76
36+700	27,53	28,72
37+700	21,19	20,02

γ_d max (kg/m³)		
Abscisa	Natural	Consolid
32+600	1,750	1,753
33+500	1,837	1,793
34+700	1,818	1,796
35+700	1,228	1,254
36+700	1,511	1,433
37+700	1,591	1,631

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA %						
Abscisa	56 golpes		25 golpes		11 golpes	
	Natural	Consolid	Natural	Consolid	Natural	Consolid
32+600	4,57	1,18	7,07	2,45	13,91	3,86
33+500	1,10	0,90	3,24	2,80	10,01	5,54
34+700	4,25	1,22	6,49	2,28	11,76	3,63
35+700	10,86	2,29	15,79	3,46	24,46	5,60
36+700	4,31	0,81	8,35	2,64	10,28	4,39
37+700	4,57	1,90	8,67	3,29	9,84	5,92

ESPONJAMIENTO MÁXIMO		
Abscisa	Natural	Consolid
32+600	0,62	0,53
33+500	0,51	0,49
34+700	0,6	0,51
35+700	2,95	1,54
36+700	2,2	1,09
37+700	1,75	1,18

CBR			
Abscisa	Natural	Suelo con Consolidado sumergido inmediatamente de moldeado a la Wopt	Suelo con Consolidado secado al 50% de la Wopt antes de sumergirse
32+600	17,21	48,59	22,28
33+500	19,96	27,33	25,14
34+700	15,97	35,15	21,56
35+700	4,47	27,62	14,83
36+700	7,79	17,3	15,51
37+700	8,72	15,43	20,35

COSTOS DE LA VIA			
	Diseño de pavimento SHELL Con minado del río Apuela, distancia promedio 12,5km	Diseño de pavimento SHELL sin minas cercanas, transporte desde Ibarra 70 km	Diseño de pavimento con CONSOLID
Costo USD	910.288,80	1.358.810,40	1.361.860,80

5.2. Conclusiones

De acuerdo a los resultados de los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete se pueden establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 1 El sistema Consolid disminuye el índice plástico de los suelos. La mayor disminución fue de 71% en un suelo del tipo MH. Los suelos altamente plásticos sufren una mayor disminución de su índice plástico en comparación al resto de suelos
- 2 En la humedad óptima de compactación no existe variación entre el suelo natural y el tratado con Consolid. La humedad óptima del suelo natural es usada para la aplicación del sistema Consolid
- 3 La densidad seca máxima en el suelo tratado a corto plazo no presenta variación en comparación a la del suelo natural.
- 4 El porcentaje de agua absorbida por las probetas tratadas con Consolid es mucho menor en comparación al porcentaje de absorción del suelo natural, por lo tanto el Consolid trabaja impermeabilizando el suelo y conservando la humedad de compactación
- 5 El suelo con Consolid tiene un menor esponjamiento que el material natural. La mayor disminución es de 50% en un suelo tipo MH. Esto implica que impide la entrada de agua al suelo

- 6 Los suelos finos presentan el mayor aumento proporcional a su CBR inicial. Es así que el suelo con mayor aumento es del tipo MH y su aumento aproximadamente 6 veces su CBR inicial.
- 7 Los índices CBR obtenidos con el procedimiento sugerido por el manual de Consolid son menores a los obtenidos con el procedimiento estándar, aproximadamente la mitad. Este procedimiento del manual técnico lo que busca es obtener un factor de seguridad y no diseñar con el 100% de la resistencia de servicio del suelo.
- 8 Las resistencias alcanzadas son insuficientes comparadas con las mínimas requeridas por el manual de diseño del MOP-001, CBR mínimo para una sub-base de 30 y para base de 80.
- 9 El suelo tratado con Consolid no cumple con el índice plástico máximo para subbase y base de 6; y el límite líquido de 25 establecido en el MOP-001.
- 10 El material con Consolid cumple con las exigencias de esponjamiento. Estas son: para sub-base, menor al 2% y base menor a 1%.
- 11 El suelo tratado con el sistema Consolid no cumple las exigencias técnicas y mecánicas para reemplazar el uso de material granular de base y sub-base.
- 12 Técnicamente el sistema Consolid se puede utilizar en esta vía para mejoramiento de la resistencia de la subrasante.

13 En esta vía es más conveniente económicamente el uso de material granular para base y subbase.

5.3. Recomendaciones

- 1 Previo a un análisis de laboratorio, se recomienda económicamente utilizar el sistema Consolid para una subbase añadiendo al suelo C-444 y Solidry en sitios donde la distancia de acarreo de material pétreo sea mayor a 70 km y sitios donde el transporte de deba realizar de manera fluvial.
- 2 No se recomienda el uso del sistema en suelos altamente plásticos por la dificultad en la homogenización de los productos con el suelo.
- 3 En caso de aplicación se recomienda que la temporada de construcción de la vía sea de verano para lograr que el suelo tenga una humedad natural menor que la óptima para compactación.

BIBLIOGRAFIA

- American Society For Testing and Materials. Annual Book ASTM Standards, Section 4 – Construction. ASTM. 2010.
- Arrobo Carrión, Celín. Rutas inolvidables. Quito, Artes Gráficas, 1969.
- Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 1 : Fundamentos de mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005
- Badillo, Juárez. Mecánica de suelos tomo 2 : Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. México DF, Editorial Limusa, 2005
- Compacsis. Informe técnico Composición Consolid. Internet.
<http://www.compacsis.com/pdf/Informe%20Tecnico%20Composicion%20CONSOLID.pdf>. Acceso: 2 de agosto del 2012
- Consolid Bolivia Ltda. Manual técnico del sistema Consolid. Santa Cruz de la Sierra. 1995
- Crespo Villalaz, Carlos. En Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. México DF, Editorial Limusa, 3ª Edición, 1996.
- Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones México DF, Editorial Limusa, 5ª Edición, 2004.
- Das, Braja. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México DF, Thomson editores, 2001.

- Eco Soil. Sistema Consolid. Internet.
<http://www.sistemaconsolid.org/sistema-consolid.html>. Acceso: 2 de agosto 2012
- Larrea, Wilson. Estudio de Diseño a Nivel Definitivo de la Vía Cuicocha – Apuela – Aguagrú. Ibarra, Gobierno Provincial de Imbabura, 2011.
- Merino, Wilfrido. Costos de construcción pesada, carreteras y puentes. Quito. Cuerpo de Ingenieros del Ejercito. 1992
- Ministerio de Obras Públicas del Ecuador . MOP 001-F 2002: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Quito, 2002.
- Reyes Lizcano, Fredy. Diseño racional de pavimentos. Bogotá, Editorial CEJA, 1ª Edición, 2003.
- Rico Rodríguez, Alfonso. La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas, Volumen 1. México DF, Editorial Limusa, 2005.
- Shell. Pavement Design Manual: Asphalt Pavement and Overlays For Road Traffic Shell International Petroleum. Londres, 1978.
- Salvador, José. Curso de pavimentos volumen 1 . Quito, Pontificia Universidad Católica del Ecuador: Unidad Académica de Transportes. 1982.
- Universidad Nacional de Rosario. Material de apoyo para diseño de pavimentos asfálticos – Método Shell 78. Internet.
<http://es.scribd.com/doc/40546472/Metodo-SHELL78>. Acceso: 11 de septiembre 2012

ANEXOS

ANEXO 1 Ensayo de clasificación km 32+600 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela	Yacimiento : Vía
Sector : Intag	Kilómetro :32+600
Muestra N° : 01	Ensayado por : José Julián Aguirre
Profundidad : 0,50 m	Manuel Prado
Uso : Subrasante	Fecha : 01- 05 - 2012

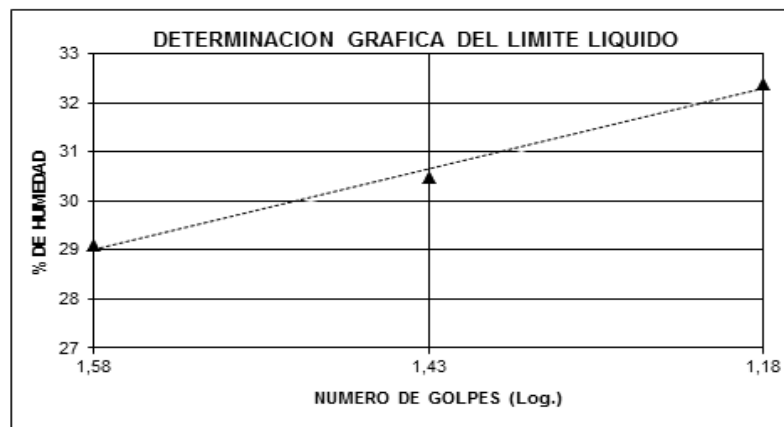
ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		35,92	31,42	15,32	27,95	26,62
		32,66	28,42	11,66	25,30	
LIMITE LIQUIDO	38	19,05	16,40	7,29	29,09	30,70
	27	22,07	18,65	7,43	30,48	
	15	25,00	21,02	8,73	32,38	
LIMITE PLASTICO		13,77	12,78	9,20	27,65	28,20
		12,80	11,92	8,83	28,48	

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	34
FINOS	66

LIMITE LIQUIDO	31
LIMITE PLASTICO	28
INDICE PLASTICO	2

SUCS	ML
AASHTO	A-4
INDICE DE GRUPO	1

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	0,43	0	100
40	5,19	5	95
200	34,42	34	66
Pasa 200	66,6	66	
Peso Total	101,05		
Peso Húmedo		127,96	gr.
Peso Seco		101	gr.



ANEXO 2 Ensayo de clasificación km 32+600 profundidad 1,00m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 02
Profundidad : 1,0 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Via
Kilómetro :32+600
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

LIMITES DE ATTERBERG

ENSAYO	N° Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		64,95	51,21	11,62	34,71	35,62
		72,48	58,01	18,4	36,53	
LIMITE LIQUIDO		NP				0,00
LIMITE PLASTICO		NP				

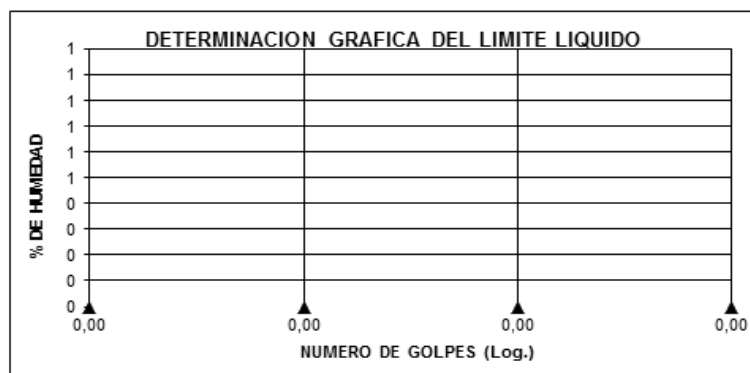
CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	37
FINOS	63

LIMITE LIQUIDO	0
LIMITE PLASTICO	0
INDICE PLASTICO	0,00

SUCS	ML
AASHTO	A4
INDICE DE GRUPO	0

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	% Retenido	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
N° 4	0	0	100
10	0,35	0,5	100
40	2,85	4	96
200	27,08	37	63
Pasa 200	47	63	
Peso Total	74		
Peso Húmedo		100,36	gr.
Peso Seco		74,00	gr.



ANEXO 3 Ensayo de clasificación km 32+600 profundidad 1,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

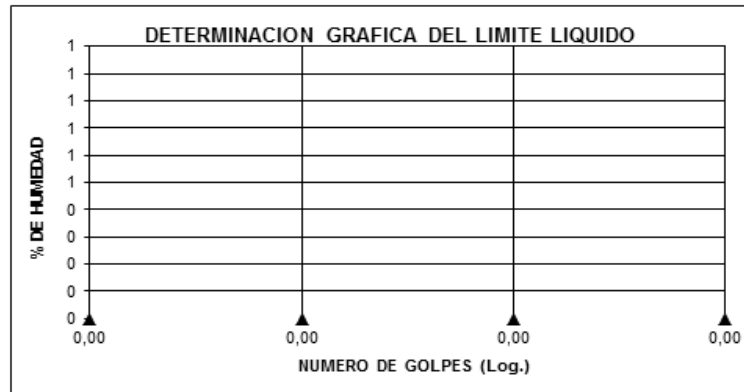
Proyecto : Cuicocha-Apuela **Yacimiento** : Vía
Sector : Intag **Kilómetro** :32+600
Muestra N° : 03 **Ensayado por** : José Julián Aguirre
Profundidad : 1,50 m **Manuel Prado**
Uso : Subrasante **Fecha** : 01-05-2012

LIMITES DE ATTERBERG

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		78,78	69,81	17,89	17,28	17,55
		80,21	70,91	18,73	17,82	
LIMITE LIQUIDO		NP				0,00
LIMITE PLASTICO		NP				0,00

ENSAYO GRANULOMETRICO

CLASIFICACION		ENSAYO GRANULOMETRICO	
Tamiz	P. Retenido	%	
plgs.	gr.	Retenido	Que Pasa
GRAVA		1	
ARENA	76	¼	
FINOS	24	½	
		3/8	
LIMITE LIQUIDO	0	Nº 4	0,8
LIMITE PLASTICO	0	10	1,5
INDICE PLASTICO	0,00	40	19,7
		200	98,11
		Pasa 200	30
		Peso Total	129
SUCS	SM	Peso Húmedo	151,11 gr.
AASHTO	A-2-4	Peso Seco	128,55 gr.
INDICE DE GRUPO	0		



ANEXO 4 Ensayo de clasificación km 33+500 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 04
Profundidad : 0,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 33+500
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

LIMITES DE ATTERBERG

ENSAYO	N° Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		61,97	54,54	11,6	17,30	17,31
		74,76	66,48	18,66	17,31	
LIMITE LIQUIDO		NP				0,00
LIMITE PLASTICO		NP				0,00

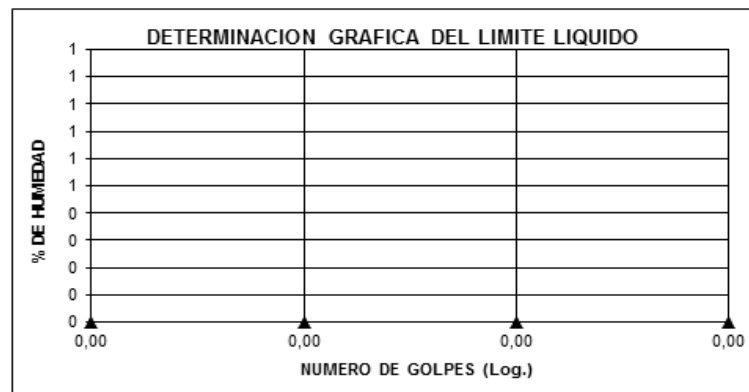
ENSAYO GRANULOMETRICO

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	70
FINOS	30

LIMITE LIQUIDO	0
LIMITE PLASTICO	0
INDICE PLASTICO	0,00

SUCS	SM
AASHTO	A-2-4
INDICE DE GRUPO	0

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
N° 4	0	0	100
10	0,27	0,3	100
40	19,52	21	79
200	64,78	70	30
Pasa 200	28	30	
Peso Total	93		
Peso Húmedo		109,01	gr.
Peso Seco		92,93	gr.



ANEXO 5 Ensayo de clasificación km 33+500 profundidad 1,00m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 05
Profundidad : 1,0 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Via
Kilómetro :33+500
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

LIMITES DE ATTERBERG

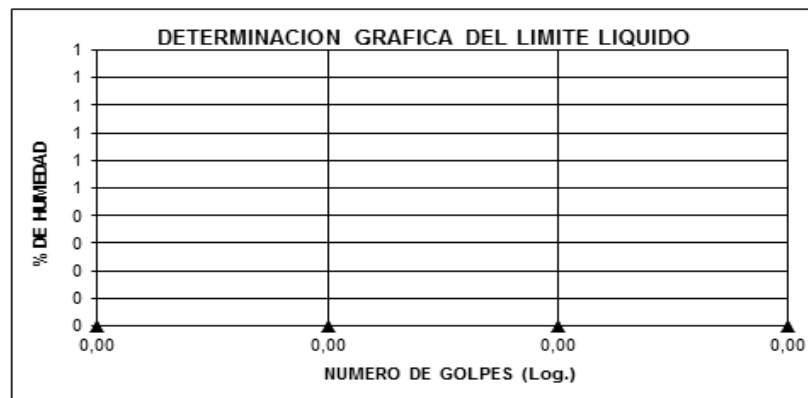
ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		51,79	44,16	16,23	27,32	26,40
		41,49	35,45	11,74	25,47	
LIMITE LIQUIDO		NP				0,00
LIMITE PLASTICO		NP				0,00

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	72
FINOS	28

LIMITE LIQUIDO	0
LIMITE PLASTICO	0
INDICE PLASTICO	0,00

SUCS	SM
AASHTO	A-2-4
INDICE DE GRUPO	0

ENSAYO GRANULOMETRICO			
Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	0,45	0,4	100
40	22,02	21	79
200	74,42	72	28
Pasa 200	28	28	
Peso Total	103		
Peso Húmedo		130,05	gr.
Peso Seco		102,89	gr.



ANEXO 7 Ensayo de clasificación km 34+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 07
Profundidad : 0,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro :34+700
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

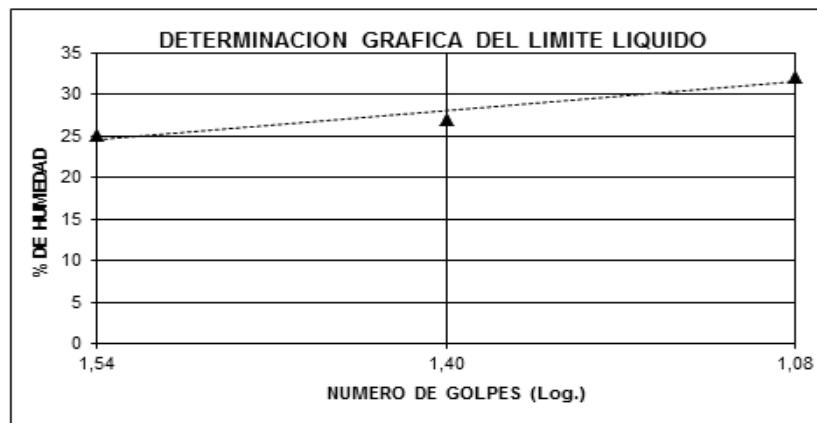
ENSAYO	N° Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		38,1	34,84	11,3	13,85	14,49
		47,06	43,19	17,63	15,14	
LIMITE LIQUIDO	35	20,50	18,07	8,38	25,08	26,94
	25	28,17	24,01	8,57	26,94	
	12	27,34	22,75	8,40	31,99	
LIMITE PLASTICO		11,51	10,69	7,25	23,84	25,01
		13,51	12,11	6,64	25,59	

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	41
FINOS	59

LIMITE LIQUIDO	27
LIMITE PLASTICO	25
INDICE PLASTICO	2

SUCS	ML
AASHTO	A-4
INDICE DE GRUPO	0

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
3/4			
1/2			
3/8			
N° 4	0	0	100
10	1,01	1	99
40	15,46	11	89
200	56,39	41	59
Pasa 200	82,5	59	
Peso Total	138,86		
Peso Húmedo		158,99	gr.
Peso Seco		139	gr.



ANEXO 8 Ensayo de clasificación km 34+700 profundidad 1,00m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

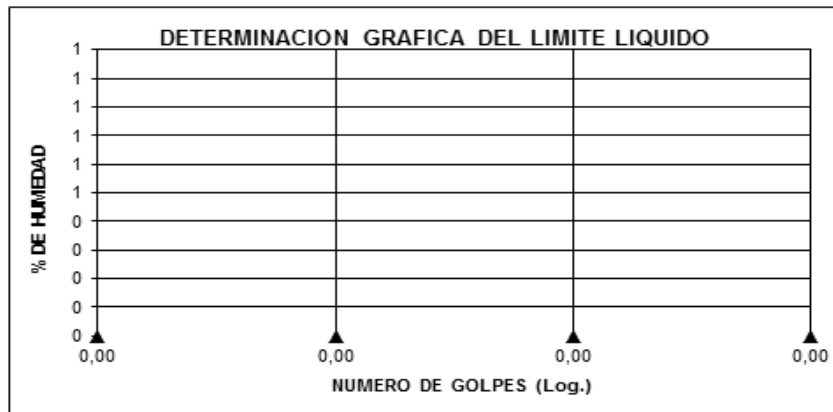
Proyecto : Cuicocha-Apuela	Yacimiento : Vía
Sector : Intag	Kilómetro :34+700
Muestra N° : 08	Ensayado por : José Julián Aguirre
Profundidad : 1,0 m	Manuel Prado
Uso : Subrasante	Fecha : 01- 05 - 2012

LIMITES DE ATTERBERG

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		78,79	69,81	17,89	17,30	17,54
		80,2	70,92	18,74	17,78	
LIMITE LIQUIDO		NP				0,00
LIMITE PLASTICO		NP				0,00

ENSAYO GRANULOMETRICO

CLASIFICACION		ENSAYO GRANULOMETRICO	
		Tamiz plgs.	P. Retenido gr.
GRAVA			
ARENA	76		
FINOS	24		
			%
			Retenido
			Que Pasa
LIMITE LIQUIDO	0	1	
LIMITE PLASTICO	0	¼	
INDICE PLASTICO	0,00	½	
		3/8	
		Nº 4	0,75
		10	1,48
		40	19,68
		200	97,12
		Pasa 200	31
		Peso Total	128
SUCS	SM	Peso Húmedo	150,11 gr.
AASHTO	A-2-4	Peso Seco	127,71 gr.
INDICE DE GRUPO	0		



ANEXO 9 Ensayo de clasificación km 34+700 profundidad 1,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 09
Profundidad : 1,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 34+700
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

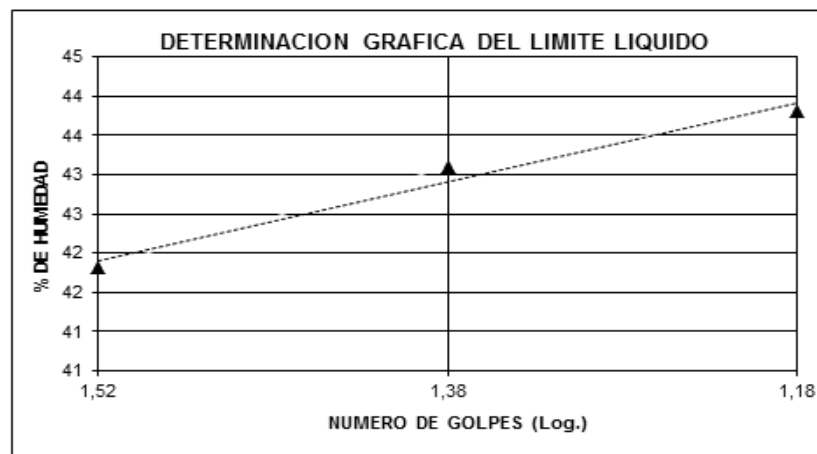
ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		68,45	56,48	18,43	31,46	32,67
		66,33	54,18	18,31	33,87	
LIMITE LIQUIDO	33	27,12	21,27	7,28	41,82	42,70
	24	27,84	22,13	8,88	43,09	
	15	27,45	21,75	8,74	43,81	
LIMITE PLASTICO		16,02	14,29	8,50	29,88	30,22
		17,25	15,67	10,47	30,38	

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	55
FINOS	45

LIMITE LIQUIDO	43
LIMITE PLASTICO	30
INDICE PLASTICO	12

SUCS	SC
AASHTO	A-7-5
INDICE DE GRUPO	3

ENSAYO GRANULOMETRICO			
Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¾			
½			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	0,11	0	100
40	12,51	13	87
200	54,4	55	45
Pasa 200	43,6	45	
Peso Total	98,04		
Peso Húmedo		130,07	gr.
Peso Seco		98	gr.



ANEXO 10 Ensayo de clasificación km 35+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 10
Profundidad : 0,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 35+700
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		62,63	44,76	17,9	66,53	70,64
		68,85	47,51	18,96	74,75	
LIMITE LIQUIDO	33	31,30	22,10	8,69	68,61	70,76
	20	32,61	22,66	8,94	72,52	
	14	33,26	22,19	7,30	74,35	
LIMITE PLASTICO		14,85	13,33	10,45	52,78	51,88
		14,36	12,39	8,56	51,44	

CLASIFICACION

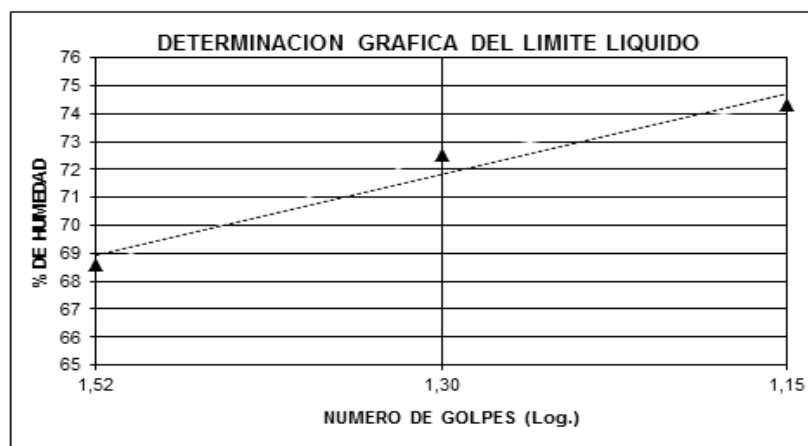
GRAVA	
ARENA	19
FINOS	81

LIMITE LIQUIDO	71
LIMITE PLASTICO	52
INDICE PLASTICO	19

SUCS	MH
AASHTO	A-5
INDICE DE GRUPO	22

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
3/4			
1/2			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	0,97	2	98
40	3,8	6	94
200	11,41	19	81
Pasa 200	47,5	81	
Peso Total	58,89		
Peso Húmedo		100,49	gr.
Peso Seco		59	gr.



ANEXO 11 Ensayo de clasificación km 35+700 profundidad 1,00m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 11
Profundidad : 1,0 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Via
Kilómetro : 35+700
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		38,28	26,01	11,28	83,30	86,07
		44,46	29	11,6	88,85	
LIMITE LIQUIDO	32	24,17	17,21	8,70	81,79	83,26
	26	22,94	16,62	9,04	83,38	
	17	22,59	16,32	8,94	84,96	
	17	22,59	16,32	8,94	84,96	
LIMITE PLASTICO		26,88	24,63	21,38	69,23	64,61
		11,73	9,78	6,65	62,30	
		11,73	9,78	6,65	62,30	

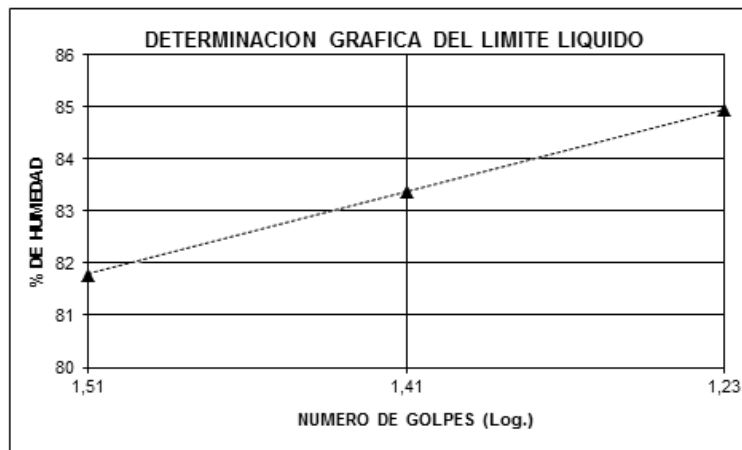
CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	16
FINOS	84

LIMITE LIQUIDO	83
LIMITE PLASTICO	65
INDICE PLASTICO	19

SUCS	MH
AASHTO	A-7-5
INDICE DE GRUPO	27

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	0,22	0	100
40	1,34	2	98
200	10,85	16	84
Pasa 200	57,7	84	
Peso Total	68,53		
Peso Húmedo		127,52	gr.
Peso Seco		69	gr.



ANEXO 12 Ensayo de clasificación km 35+700 profundidad 1,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 12
Profundidad : 1,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 35+700
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

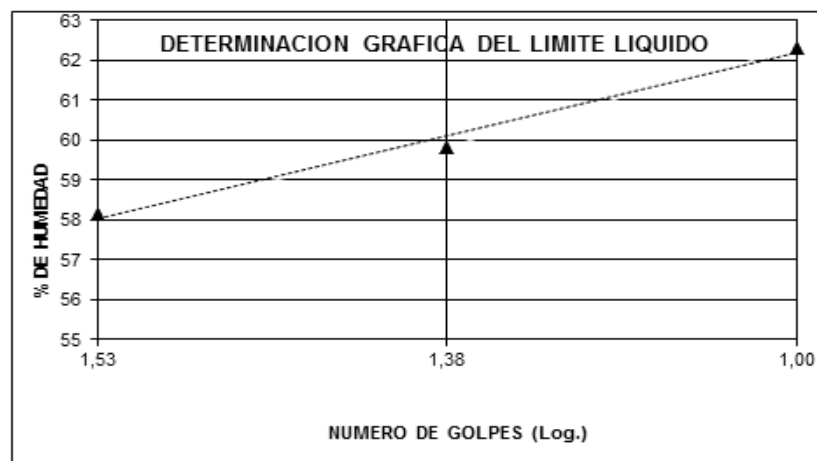
ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		64,52	47,09	18,36	60,67	57,87
		65,2	48,58	18,4	55,07	
LIMITE LIQUIDO	34	31,48	22,40	6,79	58,17	59,48
	24	29,23	20,81	6,74	59,84	
	10	33,32	23,92	8,84	62,33	
LIMITE PLASTICO		13,19	11,56	8,38	51,26	54,80
		13,31	11,82	8,89	50,85	

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	31
FINOS	69

LIMITE LIQUIDO	59
LIMITE PLASTICO	55
INDICE PLASTICO	5

SUCS	MH
AASHTO	A-5
INDICE DE GRUPO	7

ENSAYO GRANULOMETRICO			
Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4	1,67	3	100
10	3,42	5	95
40	9,76	15	85
200	20,56	31	69
Pasa 200	45,6	69	
Peso Total	66,14		
Peso Húmedo		104,42	gr.
Peso Seco		66	gr.



ANEXO 13 Ensayo de clasificación km 36+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 13
Profundidad : 0,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 36+700
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		57,71	45,2	18,34	46,57	46,18
		54,51	43,14	18,31	45,79	
LIMITE LIQUIDO	35	33,36	24,20	8,29	57,57	58,59
	22	34,14	24,72	8,82	59,25	
	14	33,11	23,74	8,40	61,08	
LIMITE PLASTICO		14,79	13,33	8,56	30,61	30,01
		16,45	15,08	10,47	29,72	

CLASIFICACION

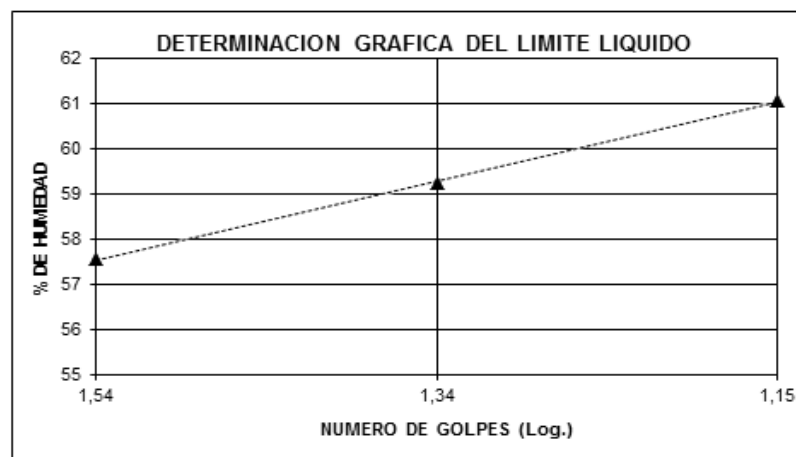
GRAVA	
ARENA	26
FINOS	74

LIMITE LIQUIDO	59
LIMITE PLASTICO	30
INDICE PLASTICO	29

SUCS	MH
AASHTO	A-5
INDICE DE GRUPO	23

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	% Retenido	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	0,22	0	100
40	3,96	6	94
200	18,21	26	74
Pasa 200	53,2	74	
Peso Total	71,36		
Peso Húmedo		104,32	gr.
Peso Seco		71	gr.



ANEXO 14 Ensayo de clasificación km 36+700 profundidad 1,00m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 14
Profundidad : 1,0 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 36+700
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		62,38	48,78	18,28	44,59	43,62
		63,96	50,42	18,67	42,65	
LIMITE LIQUIDO	34	32,26	24,18	8,92	52,95	53,33
	21	33,10	24,05	7,30	54,03	
	15	33,25	24,08	7,43	55,08	
LIMITE PLASTICO		12,66	11,51	8,89	43,89	43,75
		12,41	11,27	8,66	43,68	

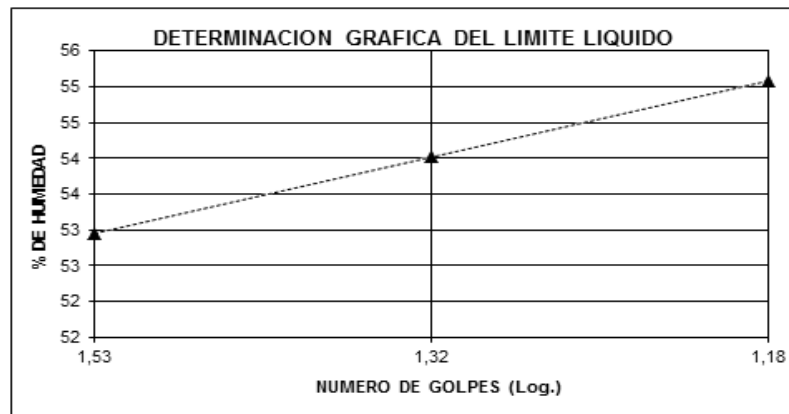
ENSAYO GRANULOMETRICO

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	31
FINOS	69

LIMITE LIQUIDO	53
LIMITE PLASTICO	44
INDICE PLASTICO	10

SUCS	MH
AASHTO	A-5
INDICE DE GRUPO	9

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½	4,77	6	94
3/8	4,77	6	94
Nº 4	4,77	6	94
10	4,94	7	93
40	8,29	11	89
200	23,15	31	69
Pasa 200	51,1	69	
Peso Total	74,27		
Peso Húmedo		106,66	gr.
Peso Seco		74	gr.



ANEXO 15 Ensayo de clasificación km 36+700 profundidad 1,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela	Yacimiento : Vía
Sector : Intag	Kilómetro : 36+700
Muestra N° : 15	Ensayado por : José Julián Aguirre
Profundidad : 1,50 m	Manuel Prado
Uso : Subrasante	Fecha : 01- 05 - 2012

LIMITES DE ATTERBERG

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		64,96	51,18	11,63	34,84	35,70
		72,47	57,99	18,39	36,57	
LIMITE LIQUIDO		NP				0,00
LIMITE PLASTICO		NP				0,00

CLASIFICACION

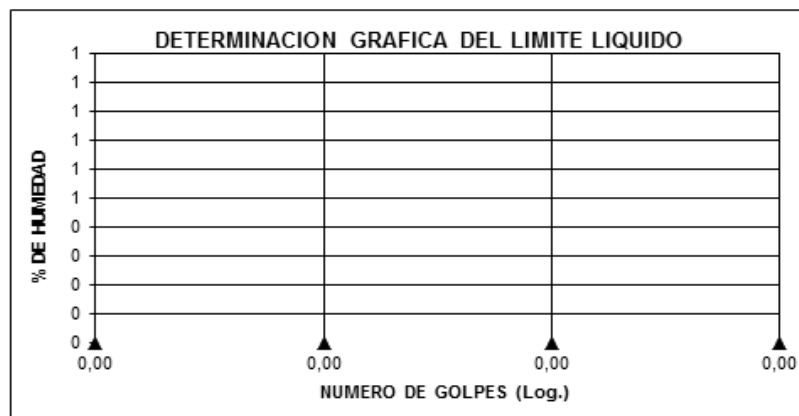
GRAVA	
ARENA	37
FINOS	63

LIMITE LIQUIDO	0
LIMITE PLASTICO	0
INDICE PLASTICO	0,00

SUCS	ML
AASHTO	A-4
INDICE DE GRUPO	0

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	0,42	0,6	99
40	2,86	4	96
200	27,1	37	63
Pasa 200	47	63	
Peso Total	74		
Peso Húmedo		100,33	gr.
Peso Seco		73,93	gr.



ANEXO 16 Ensayo de clasificación km 37+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 16
Profundidad : 0,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 38+000
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

ENSAYO	N° Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		55,68	46,11	18,38	34,51	34,36
		54,93	45,76	18,96	34,22	
LIMITE LIQUIDO	33	27,39	21,98	8,38	39,78	40,31
	25	26,63	21,48	8,79	40,58	
	15	26,66	21,46	8,89	41,37	
LIMITE PLASTICO		15,53	13,88	8,72	31,98	32,28
		16,73	14,82	8,93	32,43	

CLASIFICACION

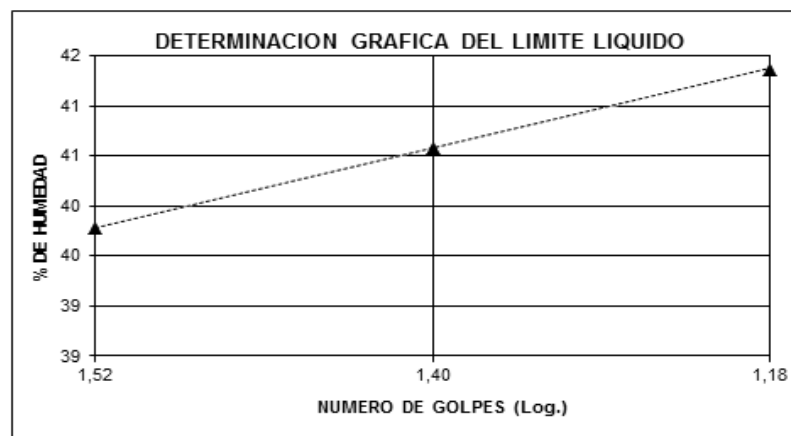
GRAVA	
ARENA	42
FINOS	58

LIMITE LIQUIDO	40
LIMITE PLASTICO	32
INDICE PLASTICO	8

SUCS	ML
AASHTO	A-4
INDICE DE GRUPO	4

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
N° 4	0,5	1	99
10	1,51	2	98
40	19,39	20	80
200	40,21	42	58
Pasa 200	56,6	58	
Peso Total	96,83		
Peso Húmedo		130,1	gr.
Peso Seco		97	gr.



ANEXO 17 Ensayo de clasificación km 37+700 profundidad 1,00m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 17
Profundidad : 1,00 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Via
Kilómetro : 38+000
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

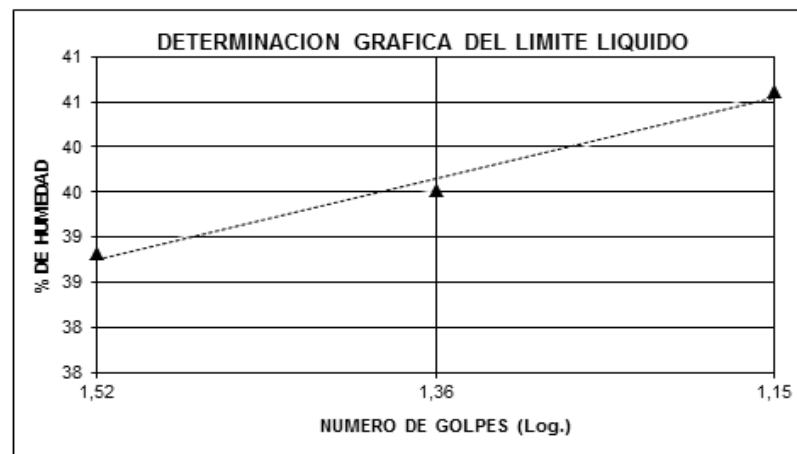
ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		56,58	47,08	18,38	33,10	32,75
		55,82	46,8	18,96	32,40	
LIMITE LIQUIDO	33	27,10	21,98	8,79	38,82	39,48
	23	26,40	21,44	8,89	39,52	
	14	26,66	21,38	8,38	40,62	
LIMITE PLASTICO		16,68	14,77	8,93	32,71	33,24
		16,68	14,77	8,93	32,71	

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	40
FINOS	60

LIMITE LIQUIDO	39
LIMITE PLASTICO	33
INDICE PLASTICO	6

SUCS	ML
AASHTO	A-4
INDICE DE GRUPO	3

ENSAYO GRANULOMETRICO			
Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4	0	0	100
10	1,43	2	98
40	17,11	18	82
200	37,65	40	60
Pasa 200	57,2	60	
Peso Total	94,85		
Peso Húmedo		125,06	gr.
Peso Seco		94	gr.



ANEXO 18 Ensayo de clasificación km 37+700 profundidad 1,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 18
Profundidad : 1,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 38+000
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01- 05 - 2012

ENSAYO	N° Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA		65,07	53,94	18,41	31,33	31,38
		64,32	53,16	17,66	31,44	
LIMITE LIQUIDO	35	34,92	27,72	8,73	37,91	38,45
	20	32,89	25,97	8,38	39,34	
	14	37,76	29,44	8,70	40,12	
LIMITE PLASTICO		13,39	12,11	8,29	33,51	33,62
		13,90	12,58	8,66	33,67	

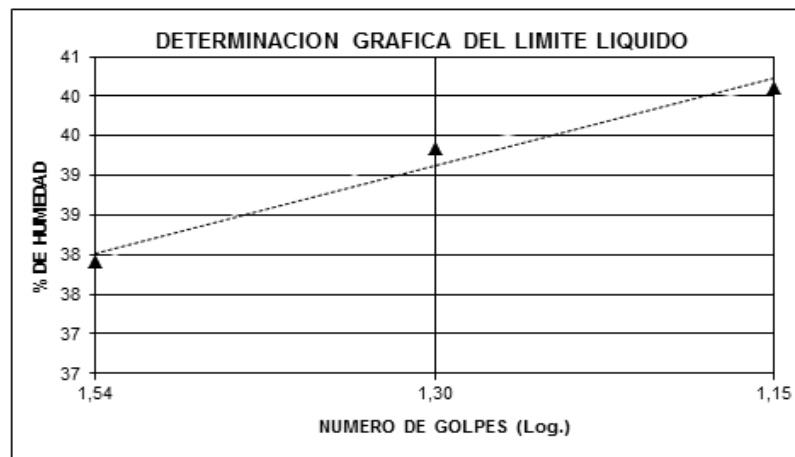
ENSAYO GRANULOMETRICO

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	40
FINOS	60

LIMITE LIQUIDO	38
LIMITE PLASTICO	34
INDICE PLASTICO	5

SUCS	ML
AASHTO	A-4
INDICE DE GRUPO	2

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
N° 4	0	0	100
10	0,96	1	99
40	8,14	11	89
200	31,1	40	60
Pasa 200	45,8	60	
Peso Total	76,91		
Peso Húmedo		101,04	gr.
Peso Seco		77	gr.



ANEXO 19 Ensayo de clasificación suelo con Consolid km 35+700

profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 23
Profundidad : 0,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 35+700 CONSOLID
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA						0,00
LIMITE LIQUIDO	34	28,48	19,35	6,55	71,33	72,29
	21	28,40	19,60	7,58	73,21	
	11	31,61	21,68	8,78	76,98	
LIMITE PLASTICO		12,53	10,51	7,28	62,54	63,81
		13,06	10,83	7,37	64,45	

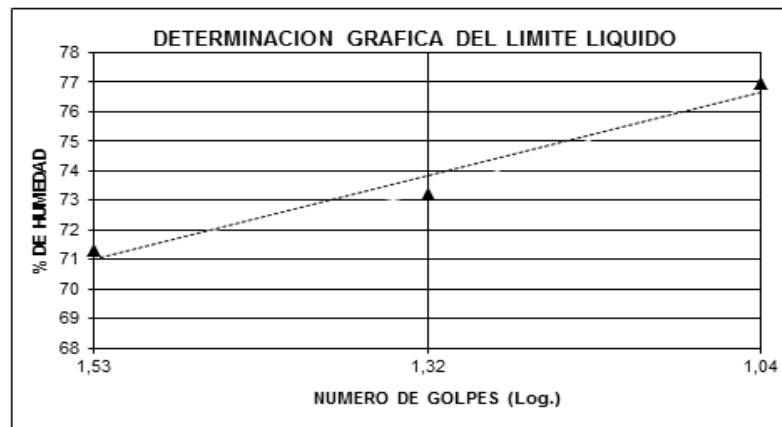
CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	
FINOS	

LIMITE LIQUIDO	72
LIMITE PLASTICO	64
INDICE PLASTICO	8

SUCS	MH
AASHTO	
INDICE DE GRUPO	

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4			
10			
40			
200			
Pasa 200			
Peso Total			
Peso Húmedo			gr.
Peso Seco			gr.



ANEXO 20 Ensayo de clasificación suelo con Consolid km 36+700
profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 23
Profundidad : 0,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro : 36+700 CONSOLID
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA						0,00
LIMITE LIQUIDO	35	33,63	27,25	10,50	38,09	39,75
	23	33,13	26,25	9,22	40,40	
	12	27,21	21,05	6,57	42,54	
LIMITE PLASTICO		12,99	11,36	6,11	31,05	31,74
		15,47	13,32	6,62	32,09	

CLASIFICACION

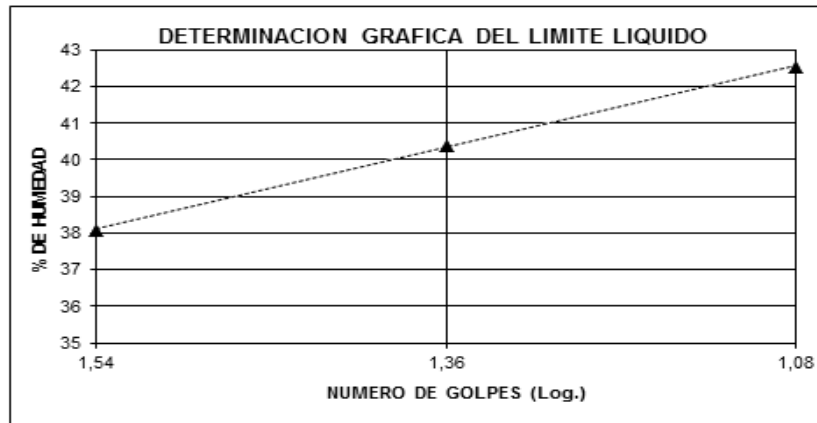
GRAVA	
ARENA	
FINOS	

LIMITE LIQUIDO	40
LIMITE PLASTICO	32
INDICE PLASTICO	8

SUCS	MH
AASHTO	
INDICE DE GRUPO	

ENSAYO GRANULOMETRICO

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	%	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4			
10			
40			
200			
Pasa 200			
Peso Total			
Peso Húmedo			gr.
Peso Seco			gr.



ANEXO 21 Ensayo de clasificación suelo con Consolid km 37+700

profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

Proyecto : Cuicocha-Apuela
Sector : Intag
Muestra N° : 18
Profundidad : 1,50 m
Uso : Subrasante

Yacimiento : Vía
Kilómetro :38+000 CONSOLID
Ensayado por : José Julián Aguirre
Manuel Prado
Fecha : 01-05-2012

ENSAYO	Nº Golpes	P. Húmedo	P. Seco	P. Tarro	% Humedad	Resultados
CONTENIDO DE AGUA						0,00
LIMITE LIQUIDO	29	21,05	17,16	7,35	39,65	40,95
	22	23,88	19,35	8,57	42,02	
	12	28,81	22,16	7,12	44,22	
LIMITE PLASTICO		12,16	10,78	6,47	32,02	32,80
		15,86	13,58	6,57	32,52	

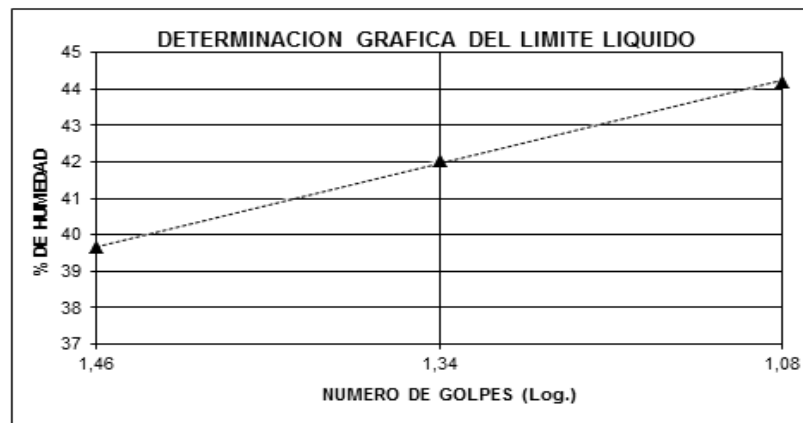
ENSAYO GRANULOMETRICO

CLASIFICACION	
GRAVA	
ARENA	100
FINOS	0

LIMITE LIQUIDO	41
LIMITE PLASTICO	33
INDICE PLASTICO	8

SUCS	ML
AASHTO	
INDICE DE GRUPO	

Tamiz plgs.	P. Retenido gr.	% Retenido	
		Retenido	Que Pasa
1			
¼			
½			
3/8			
Nº 4			
10			
40			
200			
Pasa 200			
Peso Total			
Peso Húmedo			gr.
Peso Seco			gr.



ANEXO 22 Ensayo de proctor modificado km 32+600 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto Carretera Cuicocha-Apuela
 Sector Intag
 Muestra N° 1
 Profundidad 0,50 m
 Uso Subrasante

Yacimiento
 Kilómetro 32,6 natural
 Ensayado José Julián Aguirre
 Manuel Prado
 Fecha 12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

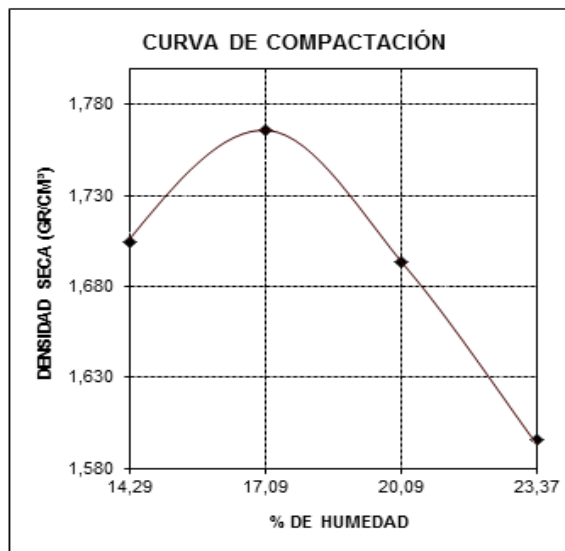
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	923,7	c.c.
Peso	4274	gr.

Muestra N°	1	2	3	4				
Peso Molde + suelo gr.	6072	6184	6152	6093				
Peso suelo gr.	1798	1910	1878	1819				
Densidad Húmeda gr/cm ³	1,947	2,068	2,033	1,969				
Densidad Seca gr/cm ³	1,704	1,766	1,693	1,596				

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°	1		2		3		4	
Tara N°	B28	J1	M15	O12	E10	E9	A10	L1
Tara + suelo Húmedo gr.	65,74	40,14	62,26	67,76	59,73	59,61	57	46,66
Tara + suelo Seco gr.	59,76	36,67	55,88	60,58	52,77	52,76	49,54	41,3
Peso tara gr.	18,96	11,72	18,6	18,5	18,28	18,51	17,66	18,34
Contenido agua %	14,66	13,91	17,11	17,06	20,18	20	23,4	23,34
Promedio %	14,29		17,09		20,09		23,37	



RESULTADOS

Dens. Max. =	1,750	gr/cm ³
Hum. Opt. =	17,03	%

ANEXO 23 Ensayo de proctor modificado km 33+500 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	33,5 natural
Muestra N°	2	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	26/04/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

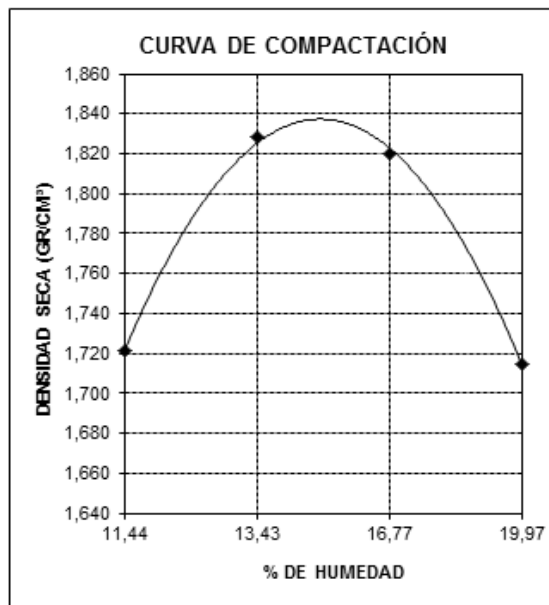
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	923,7	c.c.
Peso	4280	gr.

Muestra N°	1	2	3	4				
Peso Molde + suelo gr.	6052	6196	6243	6180				
Peso suelo gr.	1772	1916	1963	1900				
Densidad Húmeda gr/cm ³	1,918	2,074	2,125	2,057				
Densidad Seca gr/cm ³	1,721	1,828	1,820	1,715				

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°	1		2		3		4	
Tara N°	B3	L17	L4	X2	L2	L19	C4	B7
Tara + suelo Húmedo gr.	61,46	84,93	78,86	90,16	85,13	89,84	74,79	81,47
Tara + suelo Seco gr.	56,37	78,58	71,73	81,93	75,55	79,36	64,39	70,39
Peso tara gr.	15,16	18,26	18,45	20,88	18,36	16,91	11,72	15,48
Contenido agua %	12,35	10,53	13,38	13,48	16,75	16,78	19,75	20,18
Promedio %	11,44		13,43		16,77		19,97	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,837	gr/cm ³
Hum. Opt. =	14,84	%

ANEXO 24 Ensayo de proctor modificado km 34+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	34,7 natural
Muestra N°	3	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

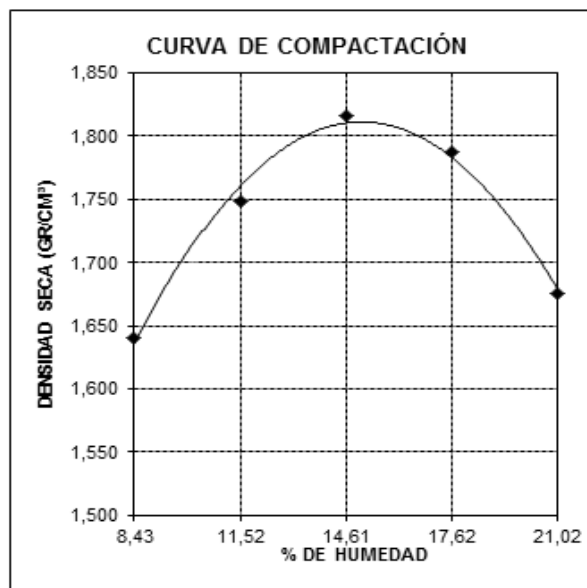
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	923,7	c.c.
Peso	4274	gr.

Muestra N°		1	2	3	4	5		
Peso Molde + suelo	gr.	5916	6076	6196	6217	6147		
Peso suelo	gr.	1642	1802	1922	1943	1873		
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1,778	1,951	2,081	2,103	2,028		
Densidad Seca	gr/cm ³	1,640	1,749	1,816	1,788	1,676		

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°	1		2		3		4		5		
Tara N°	L12	E20	L17	S11	TK	C5	M23	E5	P5	L50	
Tara + suelo Húmedo	gr.	56,1	57,11	60,1	52,53	52,3	59,39	60,05	57,66	56,21	45,84
Tara + suelo Seco	gr.	53,17	54,12	55,8	49,04	47,95	54,17	53,8	51,74	49,15	40,52
Peso tara	gr.	18,45	18,56	18,55	18,68	18,27	18,33	18,31	18,15	15,35	15,36
Contenido agua	%	8,44	8,41	11,54	11,5	14,66	14,56	17,61	17,62	20,89	21,14
Promedio	%	8,43		11,52		14,61		17,62		21,02	



RESULTADOS		
Dens. Max.	=	1,818 gr/cm ³
Hum. Opt.	=	15,2 %

ANEXO 25 Ensayo de proctor modificado km 35+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	35,7 natural
Muestra N°	5	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

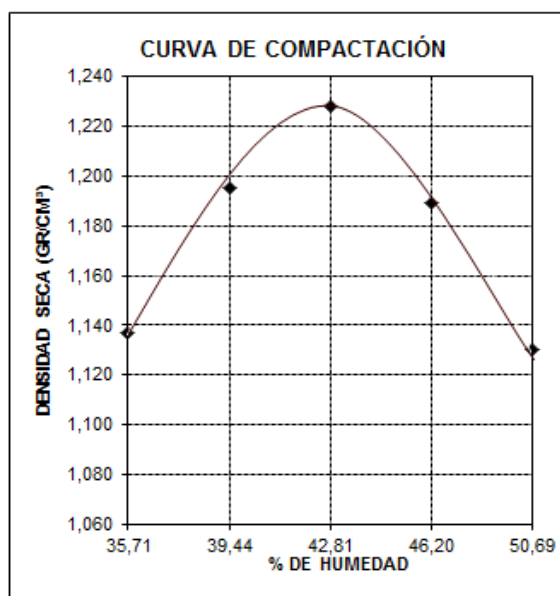
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	923,7	c.c.
Peso	4280	gr.

Muestra N°	1	2	3	4	5
Peso Molde + suelo gr.	5705	5820	5900	5885	5853
Peso suelo gr.	1425	1540	1620	1605	1573
Densidad Húmeda gr/cm ³	1,543	1,667	1,754	1,738	1,703
Densidad Seca gr/cm ³	1,137	1,195	1,228	1,189	1,130

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°	1		2		3		4		5	
Tara N°	E4	S10	X2	E14	E19	C3	T21	J2	L21	S12
Tara + suelo Húmedo gr.	65,52	60,8	76,86	77,83	54,33	73,23	57,27	55,45	59,3	56
Tara + suelo Seco gr.	53,04	49,7	60,23	60,89	43,6	56,6	45,12	43,96	45,49	43,2
Peso tara gr.	17,91	18,76	17,7	18,31	18,43	17,91	18,74	19,16	18,23	17,96
Contenido agua %	35,53	35,88	39,1	39,78	42,63	42,98	46,06	46,33	50,66	50,71
Promedio %	35,71		39,44		42,81		46,20		50,69	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,228	gr/cm ³
Hum. Opt. =	42,68	%

ANEXO 26 Ensayo de proctor modificado km 36+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	36,7 natural
Muestra N°	5	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

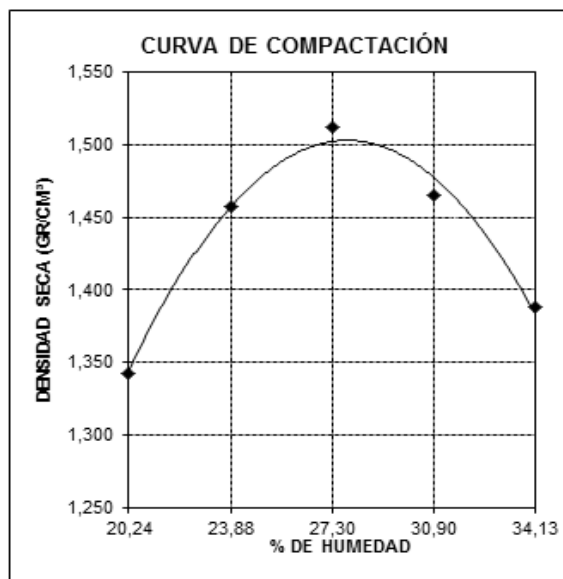
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	923,7	c.c.
Peso	4280	gr.

Muestra N°		1	2	3	4	5		
Peso Molde + suelo	gr.	5771	5947	6058	6052	6000		
Peso suelo	gr.	1491	1667	1778	1772	1720		
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1,614	1,805	1,925	1,918	1,862		
Densidad Seca	gr/cm ³	1,342	1,457	1,512	1,465	1,388		

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°		1		2		3		4		5	
Tara N°		E4	S10	X2	E14	E19	C3	T21	J2	L21	S12
Tara + suelo Húmedo	gr.	77,32	83,38	63,99	52,66	59,15	40,99	62,93	53,94	69,18	71,54
Tara + suelo Seco	gr.	67,35	72,53	55,62	46,13	50,3	34,73	52,45	45,64	56,3	58,1
Peso tara	gr.	18,03	19	20,98	18,45	18,18	11,59	18,74	18,61	18,53	18,76
Contenido agua	%	20,21	20,27	24,16	23,59	27,55	27,05	31,09	30,71	34,1	34,16
Promedio	%	20,24		23,88		27,30		30,90		34,13	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,511	gr/cm ³
Hum. Opt. =	27,53	%

ANEXO 27 Ensayo de proctor modificado km 37+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	37,7 natural
Muestra N°	6	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

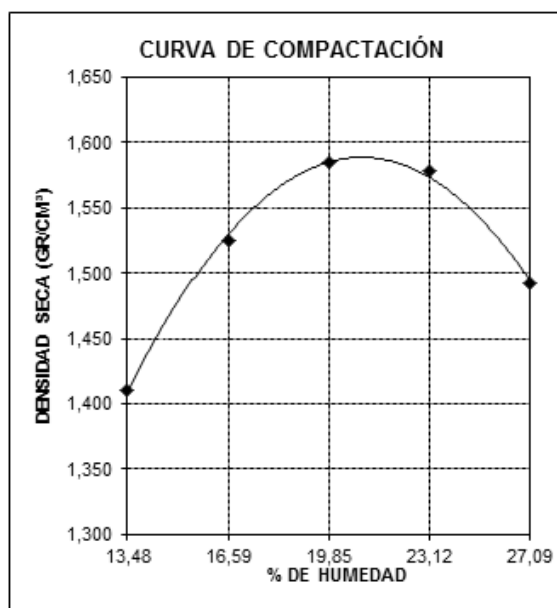
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	923,7	c.c.
Peso	4274	gr.

Muestra N°		1	2	3	4	5			
Peso Molde + suelo	gr.	5753	5916	6029	6070	6025			
Peso suelo	gr.	1479	1642	1755	1796	1751			
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1,601	1,778	1,9	1,944	1,896			
Densidad Seca	gr/cm ³	1,411	1,525	1,585	1,579	1,492			

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°		1		2		3		4		5	
Tara N°		E18	LB7	W1	D3	L25	L9	E26	L28	A8	I28
Tara + suelo Húmedo	gr.	63,66	57,97	53,11	39,1	61,31	61,51	63,62	61,68	70,37	56,67
Tara + suelo Seco	gr.	58,25	52,47	47,2	35,18	53,98	54,28	55,09	53,53	59,23	48,46
Peso tara	gr.	18,14	11,61	11,55	11,55	17	17,91	18,51	17,95	17,68	18,45
Contenido agua	%	13,49	13,46	16,58	16,59	19,82	19,88	23,32	22,91	26,81	27,36
Promedio	%	13,48		16,59		19,85		23,12		27,09	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,591	gr/cm ³
Hum. Opt. =	21,19	%

ANEXO 28 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 32+600
profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	32,6 CONSOLID
Muestra N°	6	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

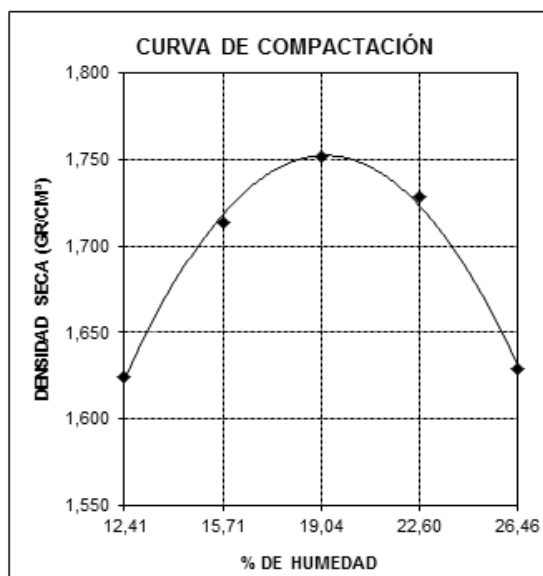
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	944	c.c.
Peso	4260	gr.

Muestra N°	1	2	3	4	5		
Peso Molde + suelo gr.	5984	6132	6229	6260	6205		
Peso suelo gr.	1724	1872	1969	2000	1945		
Densidad Húmeda gr/cm ³	1,826	1,983	2,086	2,119	2,06		
Densidad Seca gr/cm ³	1,624	1,714	1,752	1,728	1,629		

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°	1		2		3		4		5	
Tara N°	E18	LB7	W1	D3	L25	L9	E26	L28	A8	I28
Tara + suelo Húmedo gr.	73,75	67,66	73,65	58,92	70,23	68,35	78,12	78,9	61,2	83,83
Tara + suelo Seco gr.	67,76	62,17	66,18	52,47	61,92	60,43	67,1	67,82	50,9	70,17
Peso tara gr.	19,01	18,36	18,49	11,53	18,53	18,57	18,63	18,47	11,65	18,95
Contenido agua %	12,29	12,53	15,66	15,75	19,15	18,92	22,74	22,45	26,24	26,67
Promedio %	12,41		15,71		19,04		22,60		26,46	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,753	gr/cm ³
Hum. Opt. =	19,54	%

ANEXO 29 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 33+500
profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	34,7 CONSOLID
Muestra N°	2	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	26/04/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

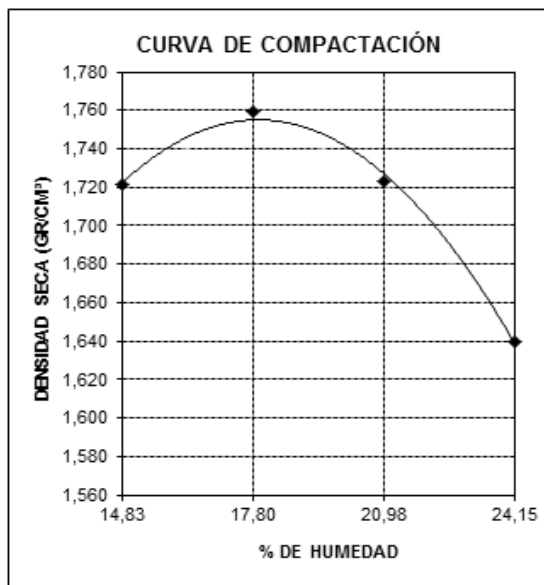
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	944	c.c.
Peso	4258	gr.

Muestra N°	1	2	3	4				
Peso Molde + suelo gr.	6123	6214	6225	6180				
Peso suelo gr.	1865	1956	1967	1922				
Densidad Húmeda gr/cm³	1,976	2,072	2,084	2,036				
Densidad Seca gr/cm³	1,721	1,759	1,723	1,640				

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°	1		2		3		4	
Tara N°	B3	L17	L4	X2	L2	L19	C4	B7
Tara + suelo Húmedo gr.	85,59	63,55	58,48	93,77	74,53	82,14	71,64	85,49
Tara + suelo Seco gr.	76,95	56,82	51,37	82,45	64,74	71,17	59,84	72,55
Peso tara gr.	18,53	11,55	11,74	18,34	18,22	18,72	11,32	18,57
Contenido agua %	14,79	14,87	17,94	17,66	21,04	20,92	24,32	23,97
Promedio %	14,83		17,80		20,98		24,15	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,761	gr/cm³
Hum. Opt. =	16,97	%

ANEXO 30 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 34+700
profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	33,5 CONSOLID
Muestra N°	2	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	26/04/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

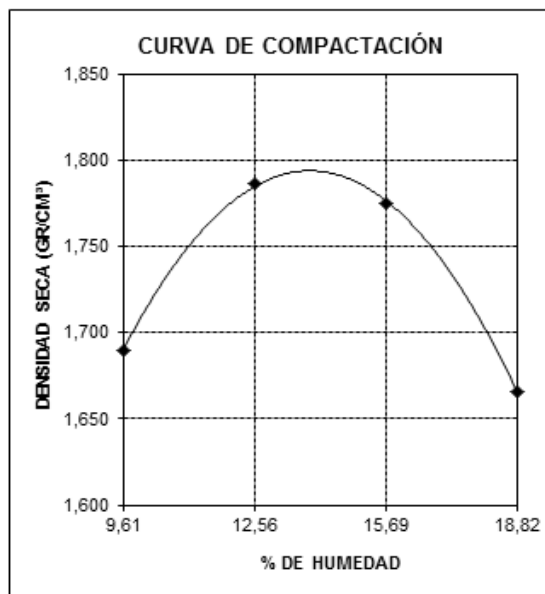
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	944	c.c.
Peso	4278	gr.

Muestra N°		1	2	3	4			
Peso Molde + suelo gr.		6026	6175	6217	6147			
Peso suelo gr.		1748	1897	1939	1869			
Densidad Húmeda gr/cm ³		1,852	2,01	2,054	1,98			
Densidad Seca gr/cm ³		1,690	1,786	1,775	1,666			

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°		1		2		3		4	
Tara N°		B3	L17	L4	X2	L2	L19	C4	B7
Tara + suelo Húmedo gr.		67,34	72,59	70,42	75,69	73,88	55,02	75,66	78,75
Tara + suelo Seco gr.		62,93	67,98	64,59	69,29	66,43	49,08	66,53	69,26
Peso tara gr.		17,94	19	17,99	18,49	18,56	11,52	18,29	18,5
Contenido agua %		9,8	9,41	12,51	12,6	15,56	15,81	18,93	18,7
Promedio %		9,61		12,56		15,69		18,82	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,793	gr/cm ³
Hum. Opt. =	13,77	%

ANEXO 31 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 35+700
profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	35,7 CONSOLID
Muestra N°	6	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

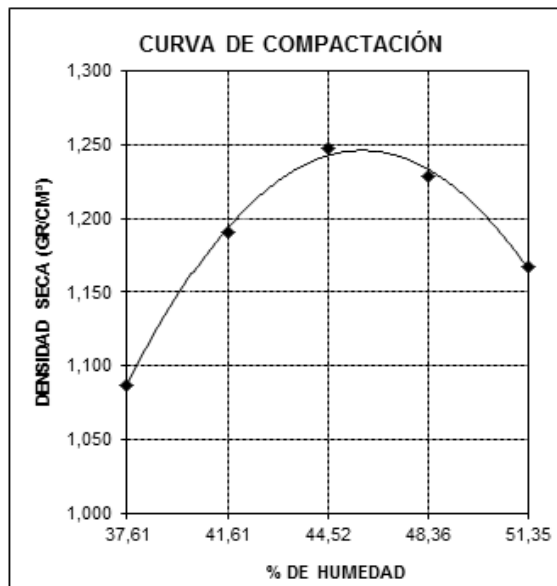
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde	
N°	3
Diámetro	6 plgs.
Volumen	923,7 c.c.
Peso	4260 gr.

Muestra N°	1	2	3	4	5
Peso Molde + suelo gr.	5642	5817	5926	5945	5892
Peso suelo gr.	1382	1557	1666	1685	1632
Densidad Húmeda gr/cm ³	1,496	1,686	1,804	1,824	1,767
Densidad Seca gr/cm ³	1,087	1,191	1,248	1,229	1,167

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°	1		2		3		4		5	
Tara N°	E18	LB7	W1	D3	L25	L9	E26	L28	A8	I28
Tara + suelo Húmedo gr.	62,17	66,76	72,75	58,05	66,36	68,21	54,88	45,95	58,03	59,18
Tara + suelo Seco gr.	50,71	53,58	56,68	46,48	51,38	52,76	42,89	34,69	44,72	45,27
Peso tara gr.	19,96	18,85	17,95	18,75	17,78	18,00	18,05	11,45	18,72	18,26
Contenido agua %	37,27	37,95	41,49	41,72	44,58	44,45	48,27	48,45	51,19	51,5
Promedio %	37,61		41,61		44,52		48,36		51,35	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,254	gr/cm ³
Hum. Opt. =	45,76	%

**ANEXO 32 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 36+700
profundidad 0,50m**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	36,7 CONSOLID
Muestra N°	2	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	26/04/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

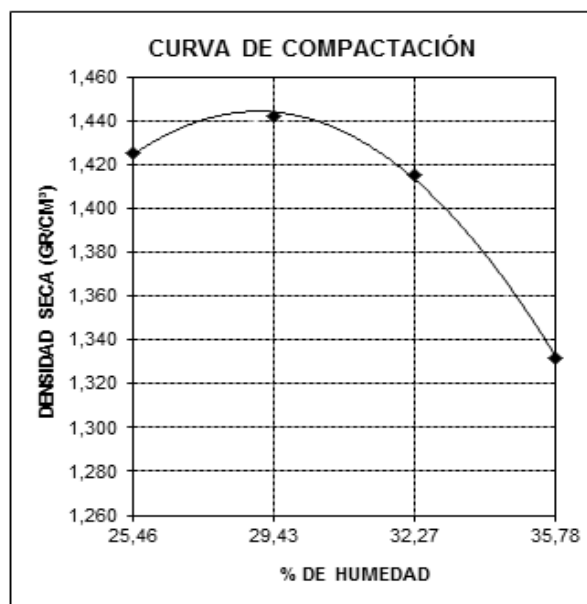
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	944	c.c.
Peso	4258	gr.

Muestra N°		1	2	3	4			
Peso Molde + suelo gr.		5946	6020	6025	5965			
Peso suelo gr.		1688	1762	1767	1707			
Densidad Húmeda gr/cm ³		1,788	1,867	1,872	1,808			
Densidad Seca gr/cm ³		1,425	1,442	1,415	1,332			

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°		1		2		3		4
Tara N°		B3	L17	L4	X2	L2	L19	C4 B7
Tara + suelo Húmedo gr.		65,1	69,53	72,9	77,71	71,7	73,36	57,71 66,53
Tara + suelo Seco gr.		55,69	58,98	60,52	64,29	58,75	59,87	45,58 53,82
Peso tara gr.		18,24	18,06	18,42	18,72	18,51	18,17	11,72 18,25
Contenido agua %		25,13	25,78	29,41	29,45	32,18	32,35	35,82 35,73
Promedio %		25,46		29,43		32,27		35,78



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,443	gr/cm ³
Hum. Opt. =	28,72	%

ANEXO 33 Ensayo de proctor modificado suelo con Consolid km 37+700
profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Yacimiento	
Sector	Intag	Kilómetro	37,7 CONSOLID
Muestra N°	6	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/05/2012

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

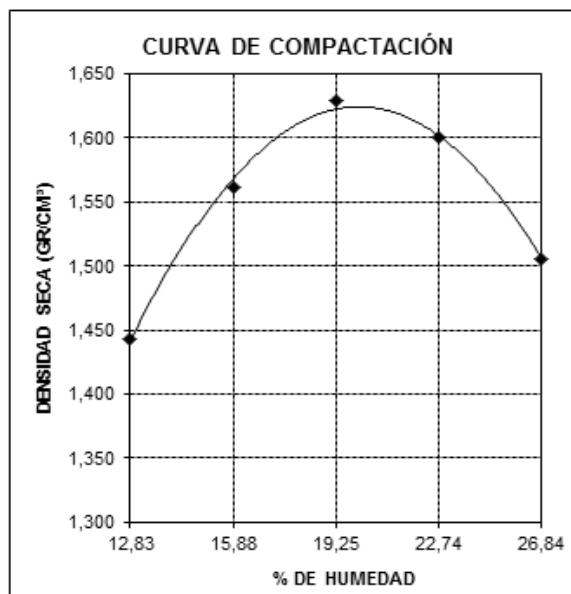
Método ensayo	Modificado
Golpes por capa	25
N° de capas	5
Peso martillo	10 Lbs.
Altura de caída	18 plgs.

Datos del Molde		
N°	3	
Diámetro	6	plgs.
Volumen	923,7	c.c.
Peso	4260	gr.

Muestra N°		1	2	3	4	5			
Peso Molde + suelo gr.		5764	5931	6054	6075	6024			
Peso suelo gr.		1504	1671	1794	1815	1764			
Densidad Húmeda gr/cm ³		1,628	1,809	1,942	1,965	1,91			
Densidad Seca gr/cm ³		1,443	1,561	1,629	1,601	1,506			

CONTENIDO DE AGUA

Muestra N°		1		2		3		4		5	
Tara N°		E18	LB7	W1	D3	L25	L9	E26	L28	A8	I28
Tara + suelo Húmedo gr.		83,27	63,84	72,18	79,72	67,16	61,22	74,11	71	65,14	53,35
Tara + suelo Seco gr.		75,91	57,89	64,87	71,32	58,95	54,22	63,87	61,26	55,26	45,4
Peso tara gr.		18,31	11,7	18,26	19,05	16,23	17,9	18,52	18,71	18,6	15,66
Contenido agua %		12,78	12,88	15,68	16,07	19,22	19,27	22,58	22,89	26,95	26,73
Promedio %		12,83		15,88		19,25		22,74		26,84	



RESULTADOS		
Dens. Max. =	1,631	gr/cm ³
Hum. Opt. =	20,02	%

ANEXO 34 Ensayo CBR suelo natural km 32+600 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNICA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	32,6 <i>natural</i>
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	1		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	19/06/2012
Uso	Subrasante		

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.936	10.521	10.457
Peso molde:	6.625	6.647	6.942
Peso suelo:	4.311	3.874	3.515
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.030	1.824	1.655

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	42,22	52,70	46,02	46,60	45,04	63,03
W. seco :	38,74	47,78	41,01	42,51	40,61	56,51
W. capsula:	18,35	18,93	11,72	18,65	14,73	18,27
w (%) :	17,07	17,05	17,10	17,14	17,12	17,05
w(%) prom.:		17,06		17,12		17,08
Dens. Seca:		1.734		1.557		1.413

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	75,04	50,81	51,34	47,05	71,32	56,25
W. seco :	65,32	43,83	44,82	41,40	59,07	47,47
W. capsula:	18,23	11,64	18,75	18,14	18,53	18,32
w (%) :	20,64	21,68	25,01	24,29	30,22	30,12
w(%) prom.:		21,16		24,65		30,17

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	11.133	10.795	10.946
Agua abs. :	197	274	489
% agua ab.:	4,57	7,07	13,91

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,750 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	17,03 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	32,6 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	1		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	19/06/2012
Uso	Subrasante		

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	25	0,53	25	0,53	23	0,49
1	28	0,60	25	0,53	26	0,56
1	28	0,60	26	0,56	26	0,56
1	29	0,62	27	0,58	26	0,56

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	12	40,08	11	36,74	5	16,70
0,050	28	93,52	21	70,14	9	30,06
0,075	45	150,30	33	110,22	11	36,74
0,100	60	200,40	39	130,26	12	40,08
0,200	105	350,70	63	210,42	17	56,78
0,300	145	484,30	81	270,54	18	60,12
0,400	178	594,52	100	334,00	19	63,46
0,500	197	657,98	114	380,76	20	66,80

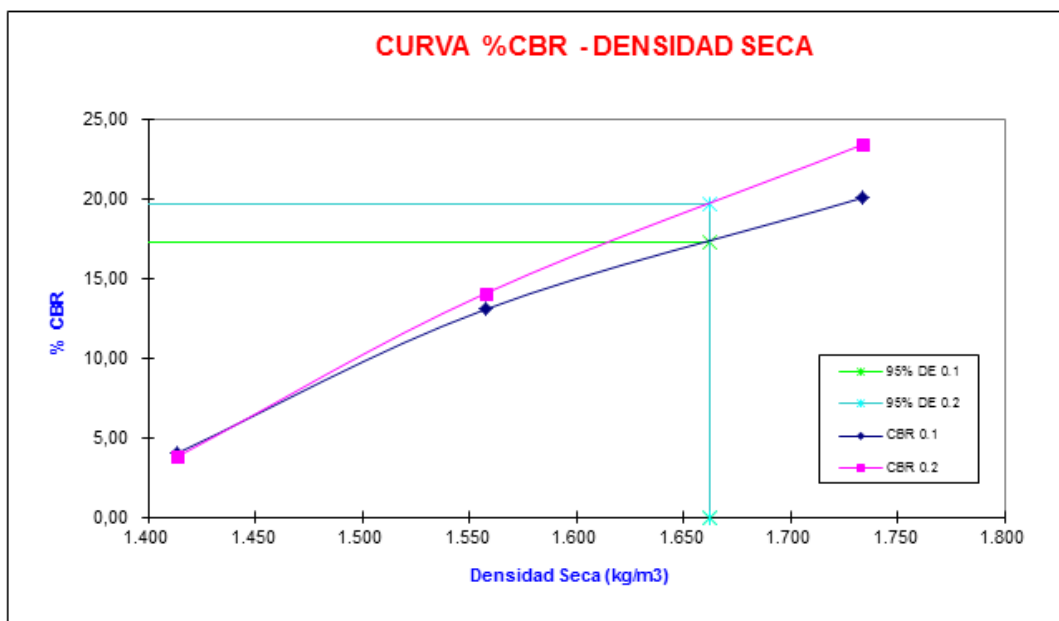
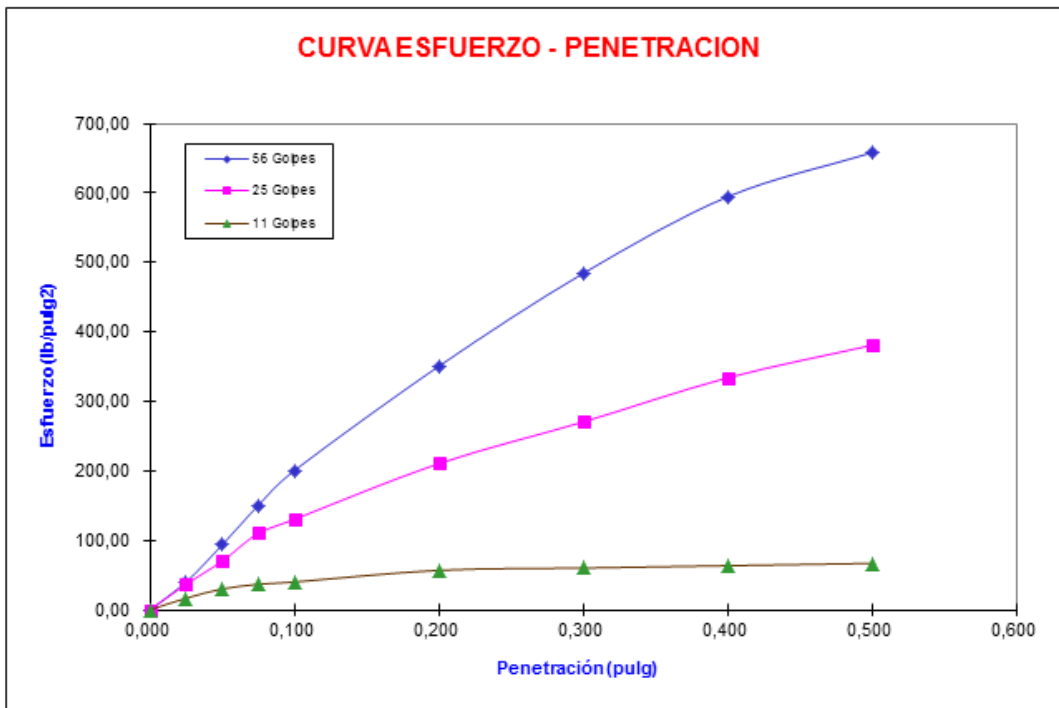
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
200,40	20,04	350,70	23,38
130,26	13,03	210,42	14,03
40,08	4,01	56,78	3,79

CBR (95% γ_d max.) = **17,21** CBR (95% γ_d max.) = **19,60**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 35 Ensayo CBR suelo natural km 33+500 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	33,5 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	2		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	18/06/2012
Uso	Subrasante		

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	2 AP	4 AP	5 AP
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.133	10.837	10.392
Peso molde:	6.691	6.637	6.637
Peso suelo:	4.442	4.200	3.755
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.091	1.977	1.768

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	59,09	72,26	50,44	74,37	53,98	74,68
W. seco :	53,82	65,59	45,61	67,20	48,89	67,64
W. capsula:	18,35	19,93	11,72	18,65	14,73	18,27
w (%) :	14,86	14,61	14,25	14,77	14,90	14,26
w(%) prom.:		14,73		14,51		14,58
Dens. Seca:		1.823		1.727		1.543

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	64,60	61,05	72,86	73,06	92,87	64,55
W. seco :	58,49	55,39	64,93	64,84	77,89	54,62
W. capsula:	18,21	17,85	18,31	18,46	17,84	11,58
w (%) :	15,17	15,08	17,01	17,72	24,95	23,07
w(%) prom.:		15,12		17,37		24,01

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	11.182	10.973	10.768
Agua abs. :	49	136	376
% agua ab.:	1,10	3,24	10,01

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,837 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	14,84 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	33,5 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	2		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m		
Uso	Subrasante	Fecha	18/06/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	2 AP		4 AP		5 AP	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	22	0,47	21	0,45	21	0,45
1	23	0,49	21	0,45	21	0,45
1	23	0,49	22	0,47	21	0,45
1	24	0,51	22	0,47	22	0,47

PENETRACION

MOLDE No.:	2 AP		4 AP		5 AP	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	19	63,46	11	36,74	6	20,04
0,050	38	126,92	25	83,50	13	43,42
0,075	58	193,72	39	130,26	20	66,80
0,100	80	267,20	55	183,70	27	90,18
0,200	148	494,32	98	327,32	46	153,64
0,300	205	684,70	141	470,94	55	183,70
0,400	241	804,94	173	577,82	59	197,06
0,500	267	891,78	191	637,94	63	210,42

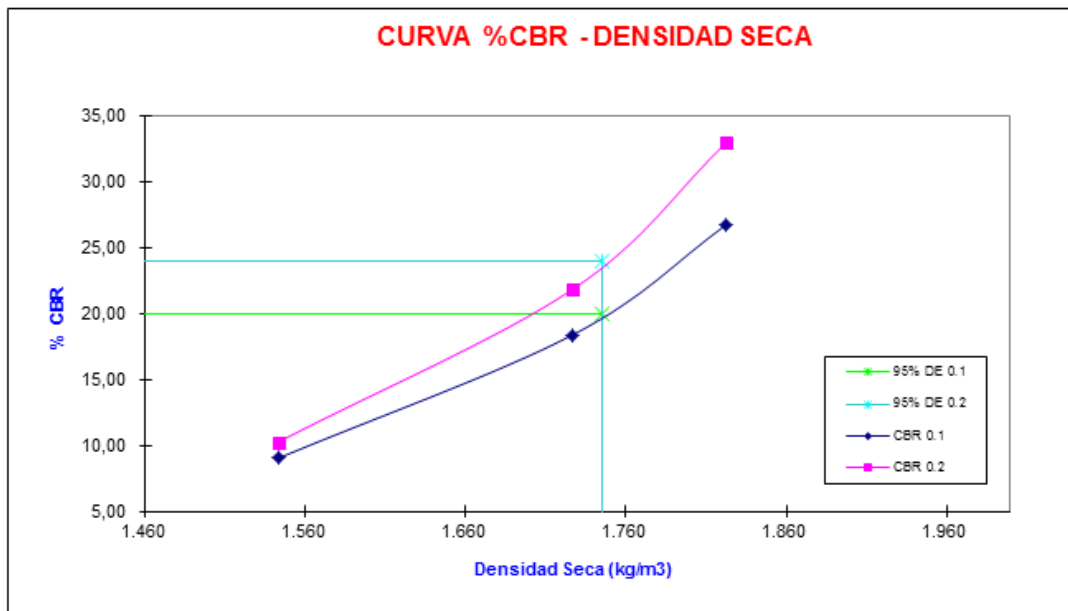
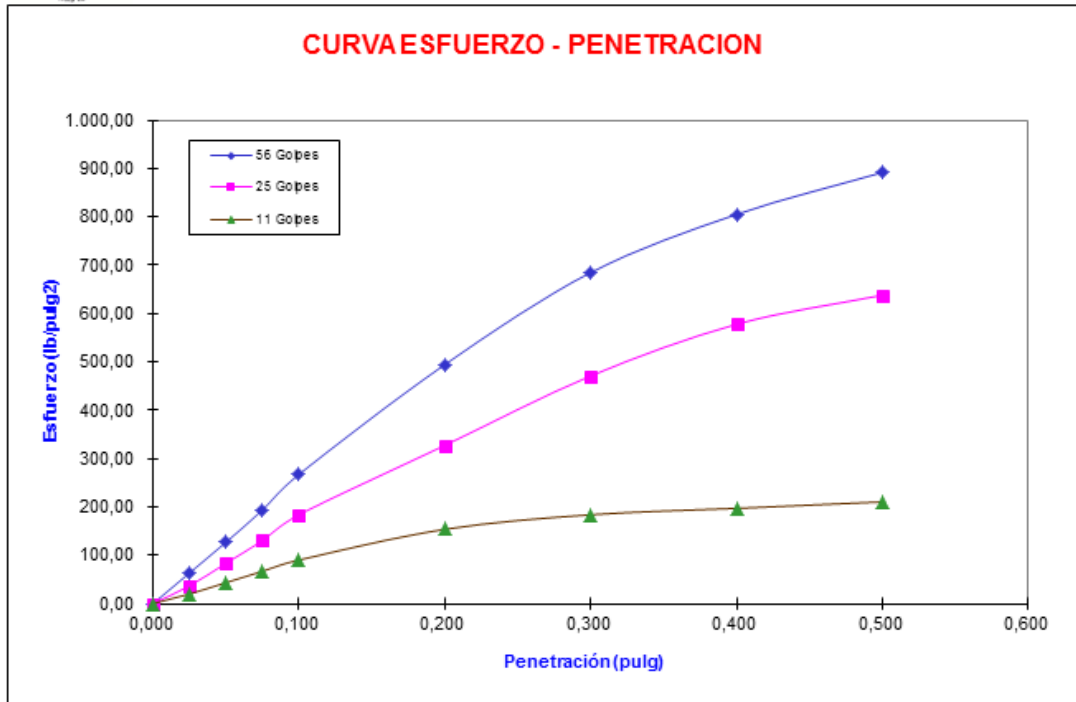
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
267,20	26,72	494,32	32,95
183,70	18,37	327,32	21,82
90,18	9,02	153,64	10,24

CBR (95% γd max.) = **19,96** CBR (95% γd max.) = **23,95**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 36 Ensayo CBR suelo natural km 34+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	34,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	3		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	25/06/2012
Uso	Subrasante		

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.339	10.497	10.530
Peso molde:	6.894	6.675	7.119
Peso suelo:	4.445	3.822	3.411
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.093	1.799	1.606

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	63,83	64,14	67,82	50,00	63,21	64,18
W. seco :	57,90	58,12	61,30	44,87	57,23	58,02
W. capsula:	19,02	18,75	18,55	11,44	17,96	18,09
w (%) :	15,25	15,29	15,25	15,35	15,23	15,43
w(%) prom.:		15,27		15,30		15,33
Dens. Seca:		1.815		1.561		1.392

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	53,06	66,22	54,41	62,05	69,49	78,26
W. seco :	46,90	58,12	46,49	54,11	58,84	66,06
W. capsula:	17,71	18,81	11,73	18,76	17,96	19,95
w (%) :	21,10	20,61	22,78	22,46	26,05	26,46
w(%) prom.:		20,85		22,62		26,26

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	11.528	10.745	10.931
Agua abs. :	189	248	401
% agua ab.:	4,25	6,49	11,76

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,818 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	15,02 %
----------------	-------------	-----------------	---------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	34,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	3		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m		
Uso	Subrasante	Fecha	25/06/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:		E1		E2		E3	
Tiempo (dias)	dial	%	dial	%	dial	%	
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00	
1	24	0,51	23	0,49	23	0,49	
1	26	0,56	25	0,53	25	0,53	
1	27	0,58	26	0,56	26	0,56	
1	28	0,60	27	0,58	26	0,56	

PENETRACION

MOLDE No.:		E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes	
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
0,025	17	56,78	6	20,04	2	6,68	
0,050	35	116,90	12	40,08	3	10,02	
0,075	50	167,00	18	60,12	4	13,36	
0,100	61	203,74	23	76,82	6	20,04	
0,200	98	327,32	36	120,24	10	33,40	
0,300	117	390,78	46	153,64	13	43,42	
0,400	122	407,48	54	180,36	16	53,44	
0,500	125	417,50	58	193,72	18	60,12	

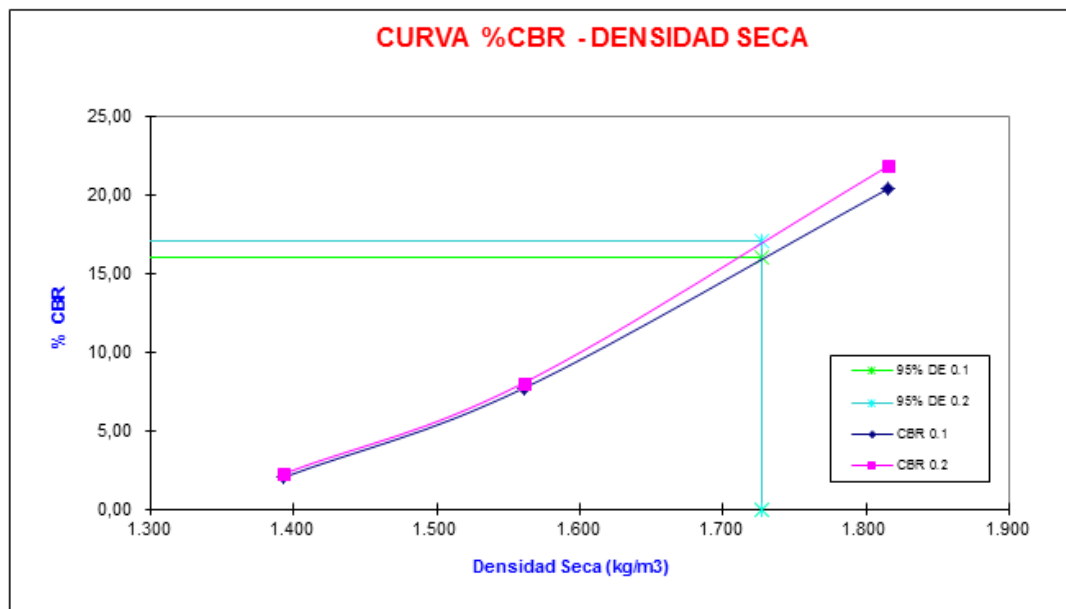
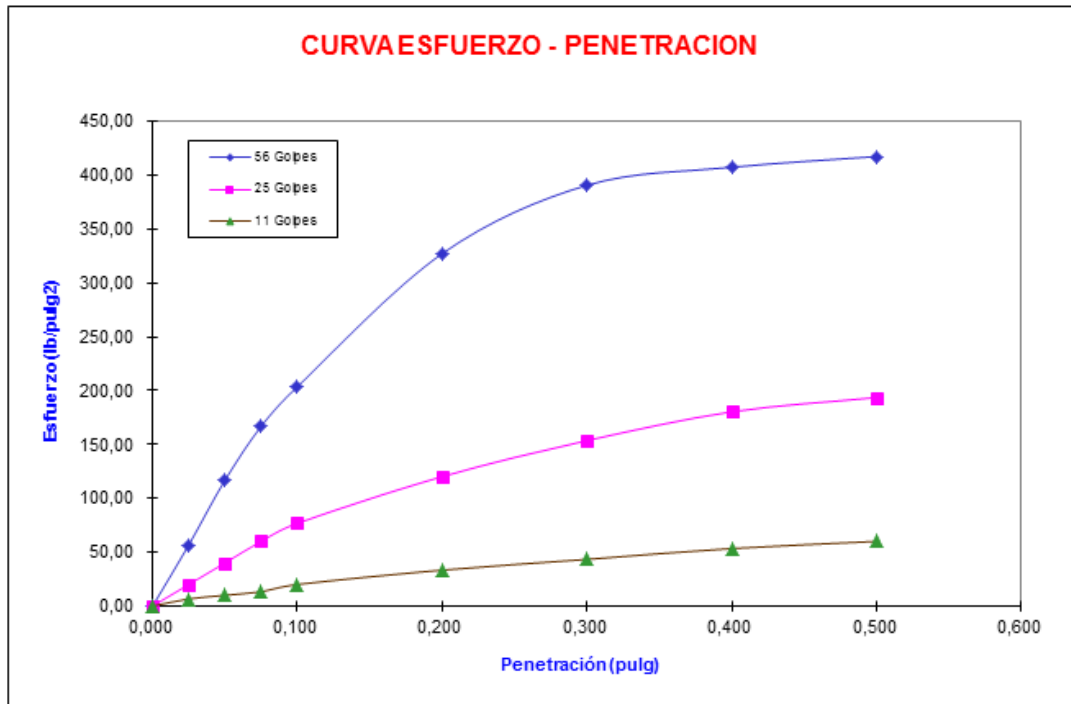
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
203,74	20,37	327,32	21,82
76,82	7,68	120,24	8,02
20,04	2,00	33,40	2,23

CBR (95% γ_d max.) = **15,97** CBR (95% γ_d max.) = **17,03**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 37 Ensayo CBR suelo natural km 35+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	35,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	4		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m		26/06/2012
Uso	Subrasante	Fecha	

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5
PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.410	9.643	9.480
Peso molde:	6.772	6.743	6.958
Peso suelo:	3.638	2.900	2.522
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.713	1.365	1.187

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	52,16	55,64	60,08	50,61	52,19	50,70
W. seco :	42,20	44,43	47,70	40,93	42,17	41,14
W. capsula:	18,50	17,83	18,35	17,94	18,34	18,50
w (%) :	42,03	42,14	42,18	42,11	42,05	42,23
w(%) prom.:		42,08		42,14		42,14
Dens. Seca:		1.205		961		835

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	74,71	69,71	69,34	68,62	71,03	78,19
W. seco :	55,52	52,05	50,66	50,30	50,13	54,40
W. capsula:	18,76	18,25	18,02	18,33	18,55	18,53
w (%) :	52,20	52,25	57,23	57,30	66,18	66,32
w(%) prom.:		52,23		57,27		66,25

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.805	10.101	10.097
Agua abs. :	395	458	617
% agua ab.:	10,86	15,79	24,46

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,228 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	42,68 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	35,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	4		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m		26/06/2012
Uso	Subrasante	Fecha	

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	75	1,60	66	1,41	41	0,88
1	94	2,01	82	1,75	65	1,39
1	121	2,59	109	2,33	82	1,75
1	138	2,95	126	2,69	109	2,33

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	4	12,02	2	6,68	1	3,34
0,050	7	24,05	4	13,36	2	6,68
0,075	11	36,07	6	20,04	3	10,02
0,100	14	48,10	8	26,72	4	13,36
0,200	25	83,50	14	46,76	6	20,04
0,300	33	110,22	19	63,46	8	26,72
0,400	40	132,26	22	73,48	9	30,06
0,500	43	143,62	24	80,16	10	33,40

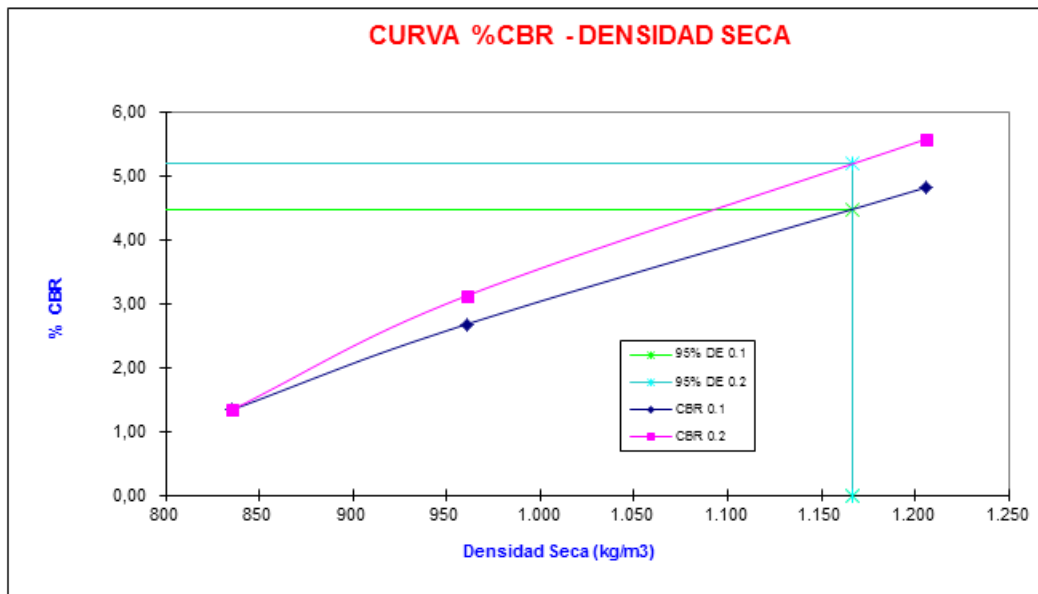
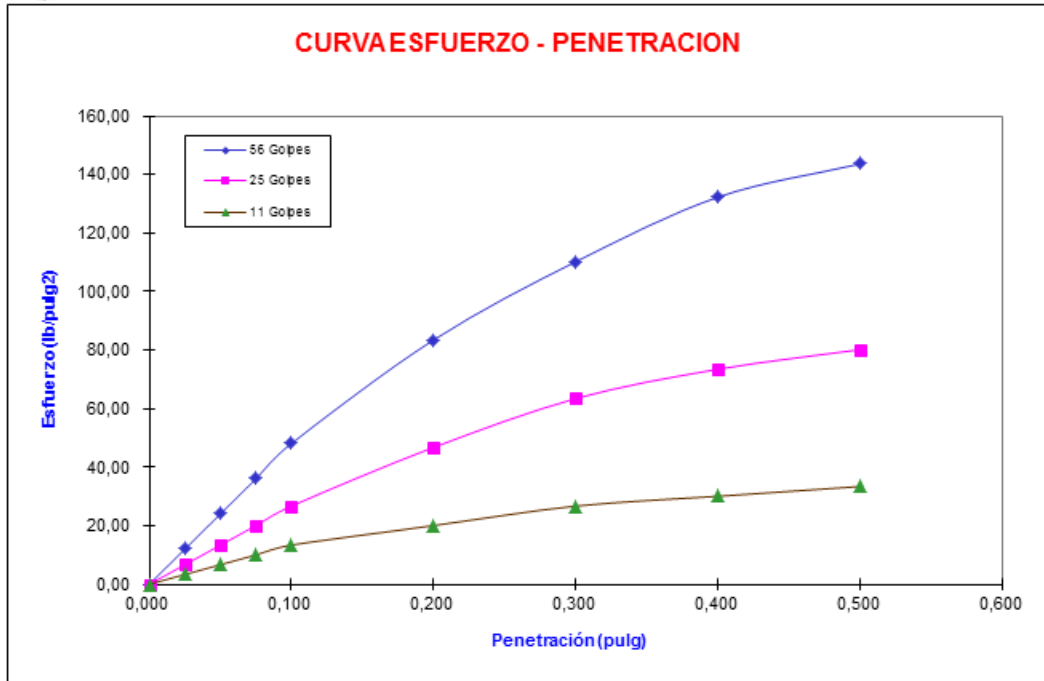
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
48,10	4,81	83,50	5,57
26,72	2,67	46,76	3,12
13,36	1,34	20,04	1,34

CBR (95% γ_d max.) = **4,47** CBR (95% γ_d max.) = **5,18**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 38 Ensayo CBR suelo natural km 36+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	36,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	5		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	02/07/2012
Uso	Subrasante		

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.844	10.528	10.335
Peso molde:	6.716	6.648	6.679
Peso suelo:	4.128	3.880	3.656
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.944	1.827	1.721

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	57,31	66,82	65,40	66,76	48,75	61,58
W. seco :	48,16	56,38	55,15	56,29	40,76	52,10
W. capsula:	15,34	18,34	17,99	18,18	11,66	18,07
w (%) :	27,88	27,44	27,58	27,47	27,46	27,86
w(%) prom.:		27,66		27,53		27,66
Dens. Seca:		1.522		1.432		1.348

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	56,09	70,33	77,95	67,98	64,37	68,05
W. seco :	46,43	58,24	62,45	55,17	51,78	52,78
W. capsula:	14,76	18,74	18,01	18,54	17,80	11,45
w (%) :	30,50	30,61	34,88	34,97	37,05	36,95
w(%) prom.:		30,55		34,92		37,00

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	11.022	10.852	10.711
Agua abs. :	178	324	376
% agua ab.:	4,31	8,35	10,28

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,511 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	27,53 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	36,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	4		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	02/07/2012
Uso	Subrasante		

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:		E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%	
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00	
1	47	1,00	36	0,77	26	0,56	
1	74	1,58	57	1,22	48	1,03	
1	87	1,86	64	1,37	59	1,26	
1	103	2,20	92	1,97	81	1,73	

PENETRACION

MOLDE No.:		E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes	
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
0,025	10	33,40	7	23,38	5	16,70	
0,050	18	60,12	13	43,42	10	33,40	
0,075	26	86,84	18	60,12	14	46,76	
0,100	34	113,56	23	76,82	18	60,12	
0,200	59	197,06	38	126,92	29	96,86	
0,300	74	247,16	49	163,66	37	123,58	
0,400	83	277,22	58	193,72	45	150,30	
0,500	89	297,26	63	210,42	49	163,66	

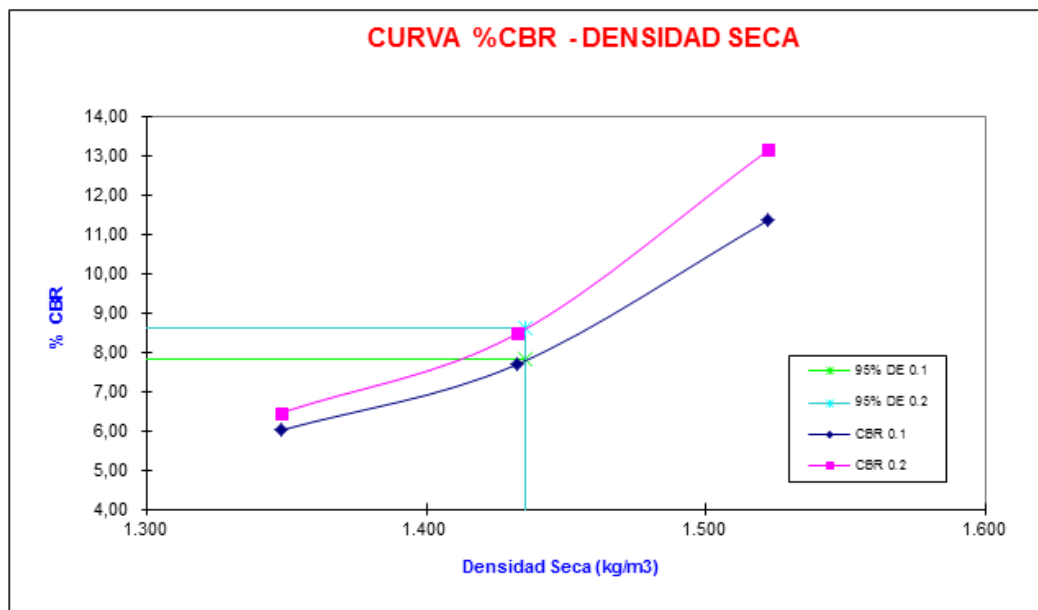
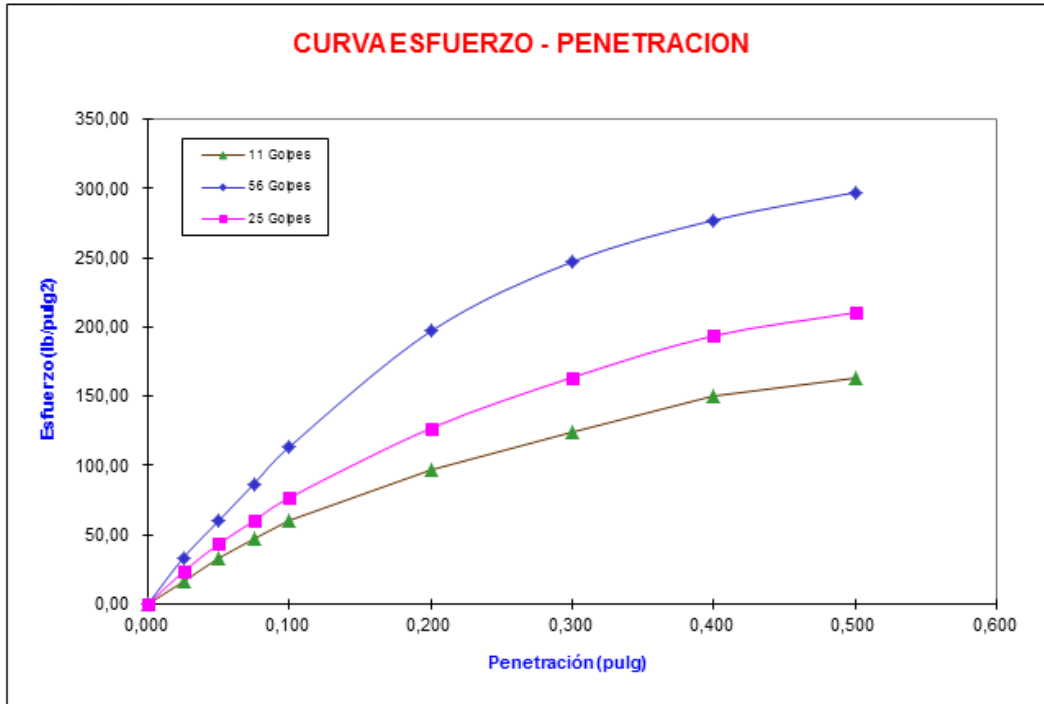
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
113,56	11,36	197,06	13,14
76,82	7,68	126,92	8,46
60,12	6,01	96,86	6,46

CBR (95% γ_d max.) = **7,81** CBR (95% γ_d max.) = **8,62**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 39 Ensayo CBR suelo natural km 37+700 profundidad 0,50m



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	37,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	6		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	03/07/2012
Uso	Subrasante		

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.753	10.365	10.137
Peso molde:	6.658	6.686	6.671
Peso suelo:	4.095	3.679	3.466
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.928	1.732	1.632

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	53,93	56,72	51,17	60,73	47,80	60,58
W. seco :	47,82	49,75	45,40	53,27	42,60	53,06
W. capsula:	19,23	17,71	18,23	18,23	18,44	18,31
w (%) :	21,37	21,75	21,24	21,29	21,52	21,64
w(%) prom.:		21,56		21,26		21,58
Dens. Seca:		1.586		1.428		1.342

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	61,51	64,63	59,07	61,57	72,89	73,55
W. seco :	52,77	55,20	49,80	51,57	59,31	60,35
W. capsula:	18,81	17,45	18,53	18,52	15,54	18,22
w (%) :	25,74	24,98	29,65	30,26	31,03	31,33
w(%) prom.:		25,36		29,95		31,18

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.940	10.684	10.478
Agua abs. :	187	319	341
% agua ab.:	4,57	8,67	9,84

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,591 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	21,19 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	Kilómetro	37,7 natural
Sector	Intag	Ensayado	José Julián Aguirre
Muestra N°	6		Manuel Prado
Profundidad	0,50 m	Fecha	03/07/2012
Uso	Subrasante		

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	64	1,37	63	1,35	59	1,26
1	70	1,50	70	1,50	64	1,37
1	74	1,58	74	1,58	66	1,41
1	82	1,75	82	1,75	70	1,50

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	7	23,38	6	20,04	3	10,02
0,050	14	46,76	12	40,08	6	20,04
0,075	21	70,14	18	60,12	9	30,06
0,100	28	93,52	24	80,16	11	36,74
0,200	53	177,02	40	133,60	18	60,12
0,300	70	233,80	49	163,66	23	76,82
0,400	80	267,20	53	177,02	26	86,84
0,500	85	283,90	56	187,04	27	90,18

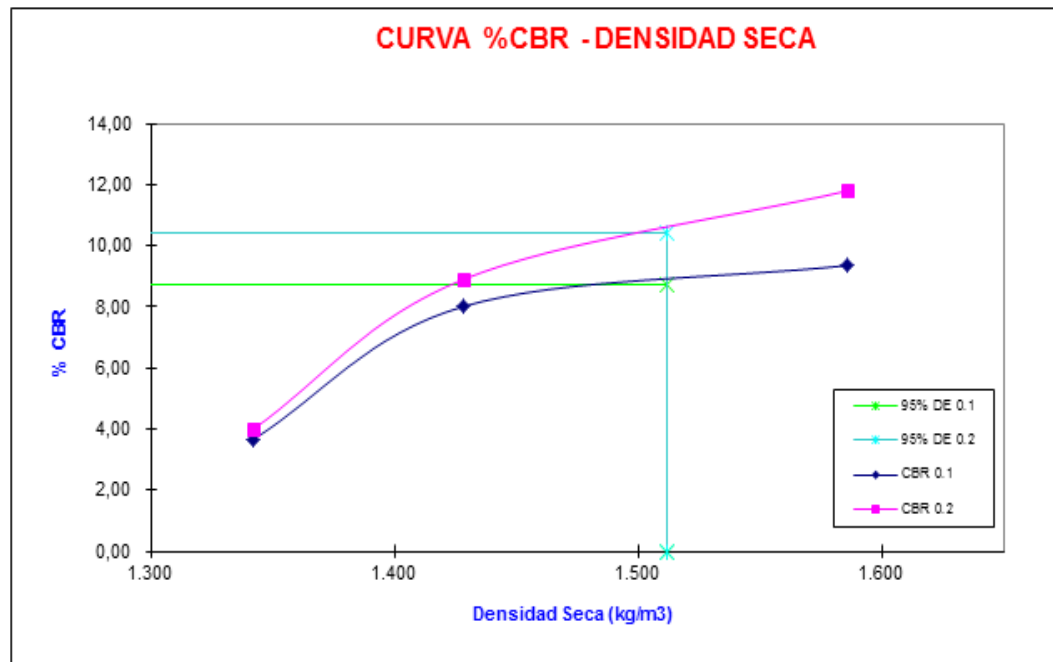
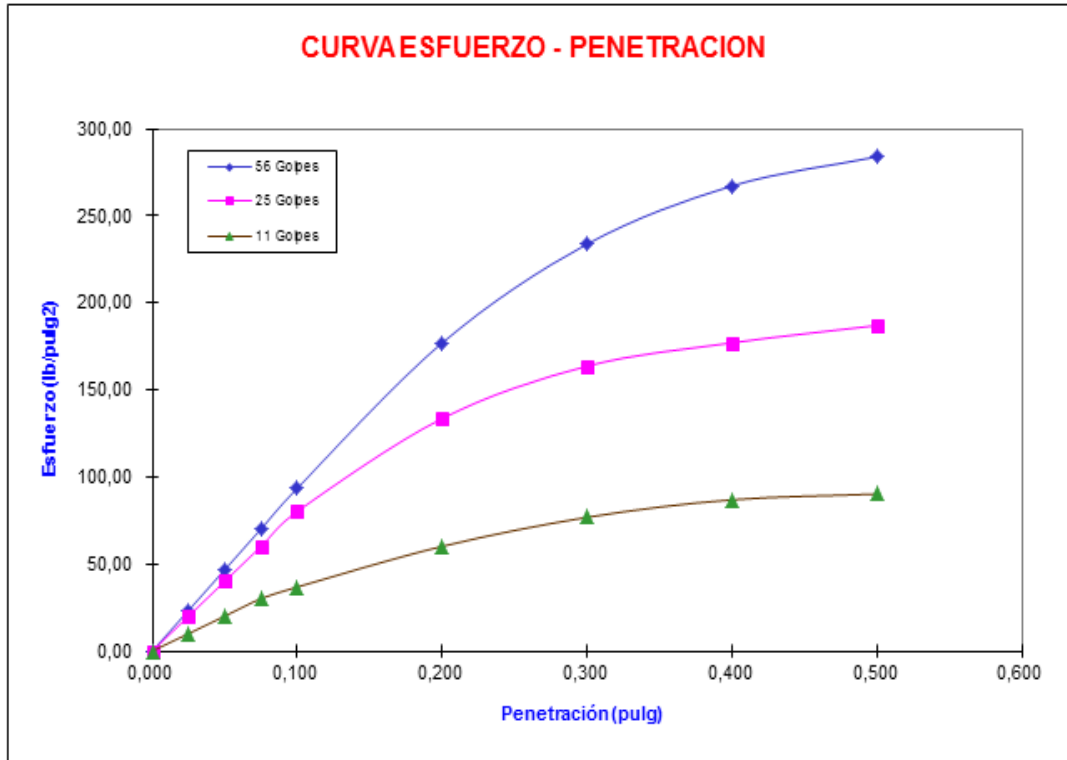
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
93,52	9,35	177,02	11,80
80,16	8,02	133,60	8,91
36,74	3,67	60,12	4,01

CBR (95% γ_d max.) = **8,72** CBR (95% γ_d max.) = **10,43**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 40 Ensayo CBR suelo con Consolid km 32+600 profundidad 0,50m al

100% de la humedad óptima antes de sumergir



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 100%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	32,6 Consolid
Muestra N°	7	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	11/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (dias)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	23	0,49	22	0,47	21	0,45
1	23	0,49	23	0,49	21	0,45
1	24	0,51	23	0,49	22	0,47
1	25	0,53	24	0,51	23	0,49

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	33	110,22	22	73,48	15	50,10
0,050	78	260,52	50	167,00	27	90,18
0,075	118	394,12	73	243,82	35	116,90
0,100	163	544,42	92	307,28	41	136,94
0,200	272	908,48	143	477,62	63	210,42
0,300	352	1.175,68	168	561,12	75	250,50
0,400	394	1.315,96	187	624,58	85	283,90
0,500	419	1.399,46	202	674,68	90	300,60

VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
544,42	54,44	908,48	60,57
307,28	30,73	477,62	31,84
136,94	13,69	210,42	14,03

CBR (95% γ_d max.) = **48,59** CBR (95% γ_d max.) = **53,48**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 100%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	32,6 Consolid
Muestra N°	7	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	11/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.029	10.479	10.315
Peso molde:	6.691	6.967	7.048
Peso suelo:	4.338	3.512	3.267
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.042	1.653	1.538

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	52,66	45,66	55,61	53,39	51,30	40,17
W. seco :	47,65	41,79	50,21	48,28	46,21	35,99
W. capsula:	18,37	19,08	18,50	18,43	16,24	11,52
w (%) :	17,11	17,04	17,03	17,12	16,98	17,08
w(%) prom.:		17,08		17,07		17,03
Dens. Seca:		1.744		1.412		1.314

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	71,10	72,34	66,85	60,75	62,80	59,15
W. seco :	63,00	63,96	59,03	53,74	55,25	52,30
W. capsula:	18,50	18,55	18,72	17,95	18,32	18,91
w (%) :	18,20	18,45	19,40	19,59	20,44	20,52
w(%) prom.:		18,33		19,49		20,48

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

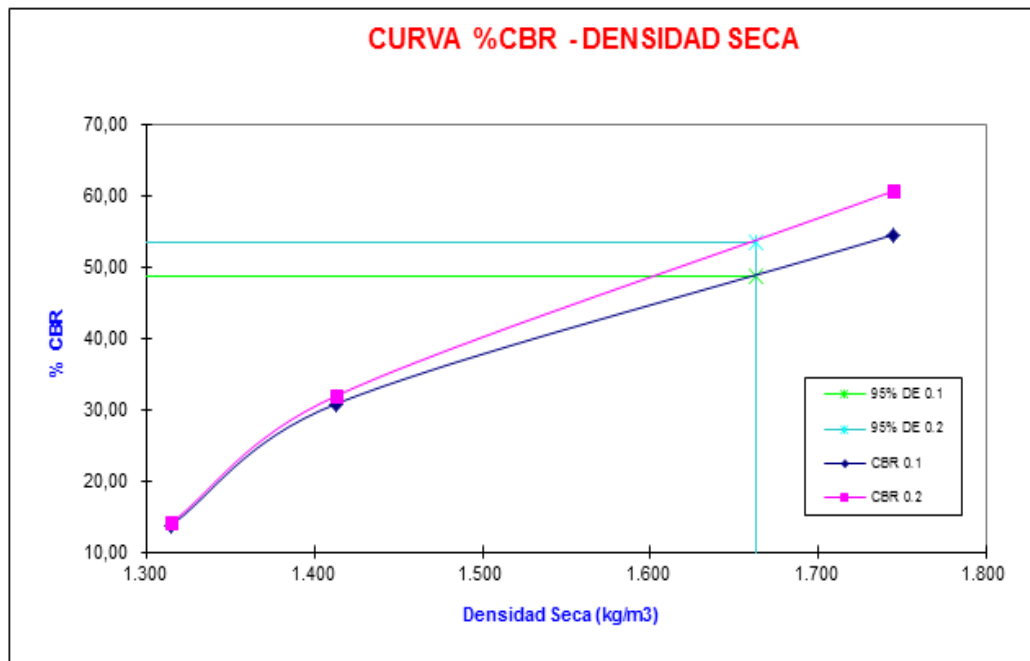
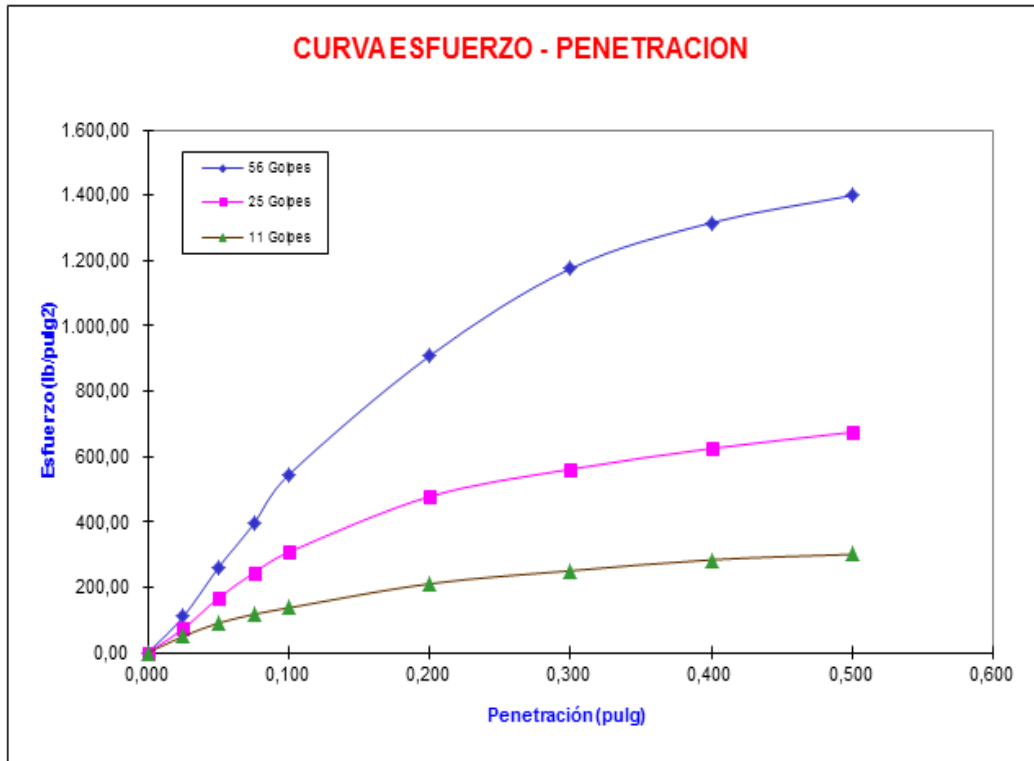
Peso satr.:	11.080	10.565	10.441
Agua abs. :	51	86	126
% agua ab.:	1,18	2,45	3,86

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,750 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	17,03 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 41 Ensayo CBR suelo con Consolid km 33+500 profundidad 0,50m al

100% de la humedad óptima antes de sumergir



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	<i>Carretera Cuicocha-Apuela</i>		<i>W opt= 100%</i>
Sector	<i>Intag</i>	Kilómetro	33,5 Consolid
Muestra N°	<i>8</i>	Ensayado	<i>José Julián Aguirre</i>
Profundidad	<i>0,50 m</i>		<i>Manuel Prado</i>
Uso	<i>Subrasante</i>	Fecha	<i>12/07/2012</i>

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.098	10.816	10.594
Peso molde:	6.643	6.631	6.624
Peso suelo:	4.455	4.185	3.970
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.097	1.970	1.869

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	82,83	59,94	75,12	73,37	57,12	56,32
W. seco :	74,51	54,62	67,88	66,25	51,29	51,03
W. capsula:	18,07	18,76	18,31	17,62	11,41	15,34
w (%) :	14,74	14,84	14,61	14,64	14,62	14,82
w(%) prom.:		14,79		14,62		14,72
Dens. Seca:		1.827		1.719		1.629

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	75,45	68,38	69,67	84,74	83,39	79,86
W. seco :	67,77	60,83	61,19	74,88	72,65	69,77
W. capsula:	18,27	11,66	11,74	18,56	18,17	18,51
w (%) :	15,52	15,35	17,15	17,51	19,71	19,68
w(%) prom.:		15,44		17,33		19,70

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	11.138	10.933	10.814
Agua abs. :	40	117	220
% agua ab.:	0,90	2,80	5,54

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,837 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	14,84 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Guicocha-Apuela		<i>W_{opt}</i> = 100%
Sector	Intag	Kilómetro	33,5 Consolid
Muestra N°	8	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	12/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	21	0,45	21	0,45	21	0,45
1	22	0,47	21	0,45	21	0,45
1	23	0,49	22	0,47	21	0,45
1	23	0,49	22	0,47	22	0,47

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	28	93,52	15	50,10	11	36,74
0,050	59	197,06	35	116,90	20	66,80
0,075	91	303,94	52	173,68	24	80,16
0,100	122	407,48	69	230,46	30	100,20
0,200	235	784,90	118	394,12	52	173,68
0,300	345	1.152,30	170	567,80	77	257,18
0,400	424	1.416,16	219	731,46	95	317,30
0,500	465	1.553,10	250	835,00	110	367,40

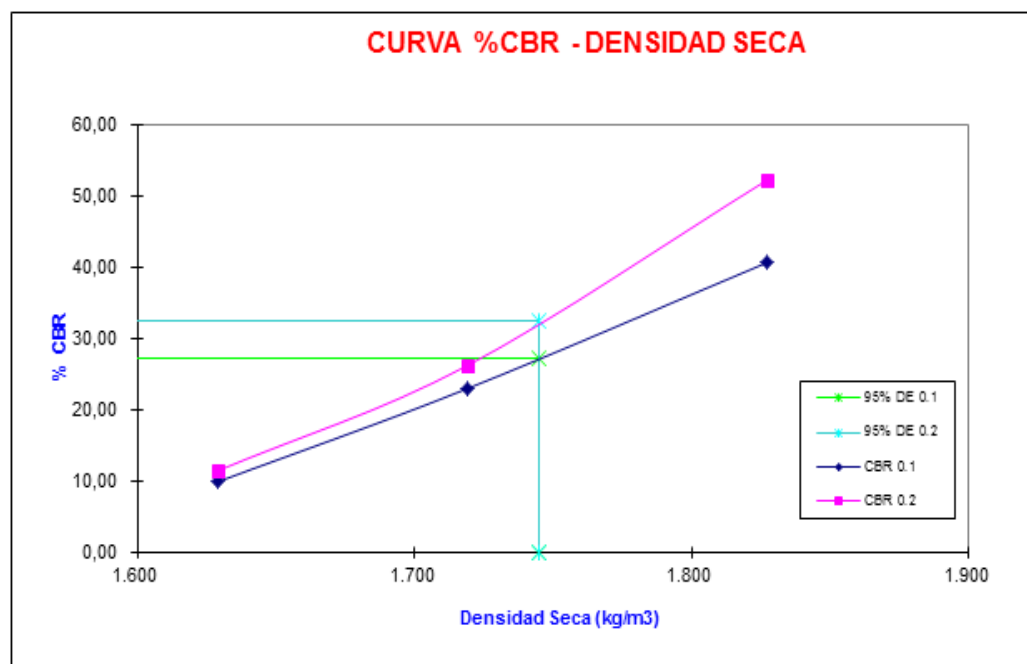
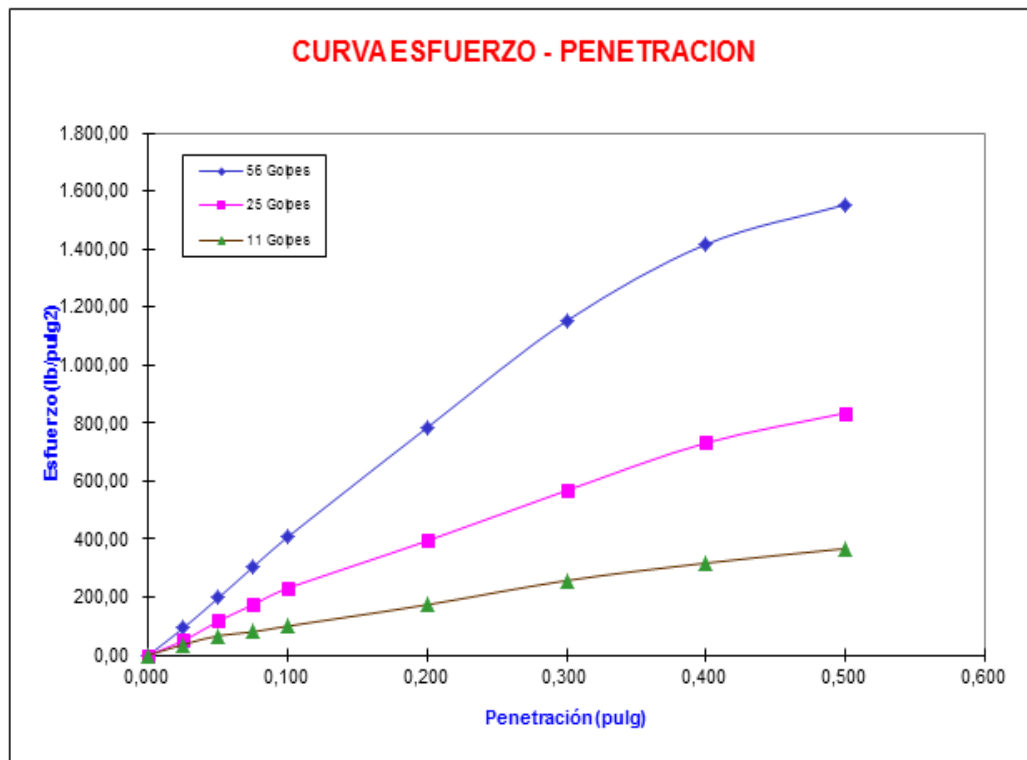
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
407,48	40,75	784,90	52,33
230,46	23,05	394,12	26,27
100,20	10,02	173,68	11,58

CBR (95% γ_d max.) = 27,33 CBR (95% γ_d max.) = 32,57



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 42 Ensayo CBR suelo con Consolid km 34+700 profundidad 0,50m al

100% de la humedad óptima antes de sumergir



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 100%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	34,7 Consolid
Muestra N°	9	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	16/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.045	10.575	10.364
Peso molde:	6.623	6.621	6.677
Peso suelo:	4.422	3.954	3.687
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.082	1.862	1.736

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	55,46	52,96	60,31	59,22	47,08	57,69
W. seco :	50,61	48,45	54,81	53,88	42,42	52,36
W. capsula:	18,33	18,49	18,51	18,33	11,43	17,62
w (%) :	15,02	15,05	15,15	15,02	15,04	15,34
w(%) prom.:		15,04		15,09		15,19
Dens. Seca:		1.810		1.618		1.507

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	62,55	75,66	75,85	82,36	83,60	91,31
W. seco :	55,43	66,75	67,33	72,85	73,78	80,02
W. capsula:	11,43	11,75	18,24	18,72	20,87	18,80
w (%) :	16,18	16,20	17,36	17,57	18,56	18,44
w(%) prom.:		16,19		17,46		18,50

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	11.099	10.665	10.498
Agua abs. :	54	90	134
% agua ab.:	1,22	2,28	3,63

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,818 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	15,02 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W_{opt}</i> = 100%
Sector	Intag	Kilómetro	34,7 Consolid
Muestra N°	9	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	16/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:		E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%	
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00	
1	23	0,49	20	0,43	20	0,43	
1	23	0,49	21	0,45	21	0,45	
1	24	0,51	22	0,47	22	0,47	
1	24	0,51	23	0,49	22	0,47	

PENETRACION

MOLDE No.:		E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes	
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
0,025	24	80,16	22	73,48	18	60,12	
0,050	55	183,70	46	153,64	34	113,56	
0,075	84	280,56	70	233,80	43	143,62	
0,100	116	387,44	91	303,94	49	163,66	
0,200	210	701,40	147	490,98	72	240,48	
0,300	306	1.022,04	188	627,92	85	283,90	
0,400	384	1.282,56	208	694,72	93	310,62	
0,500	420	1.402,80	221	738,14	99	330,66	

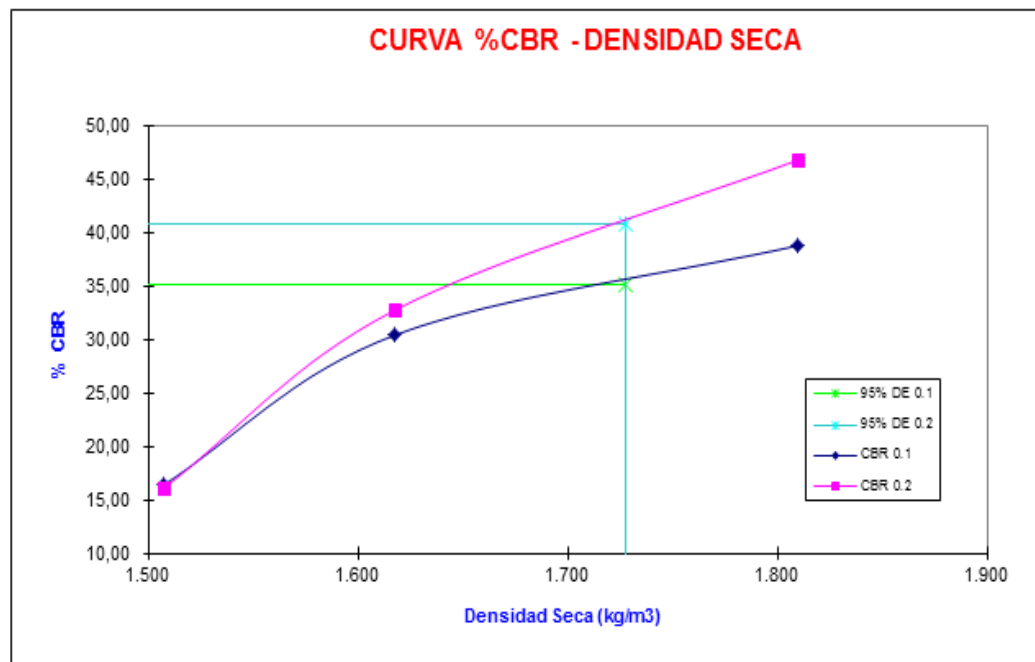
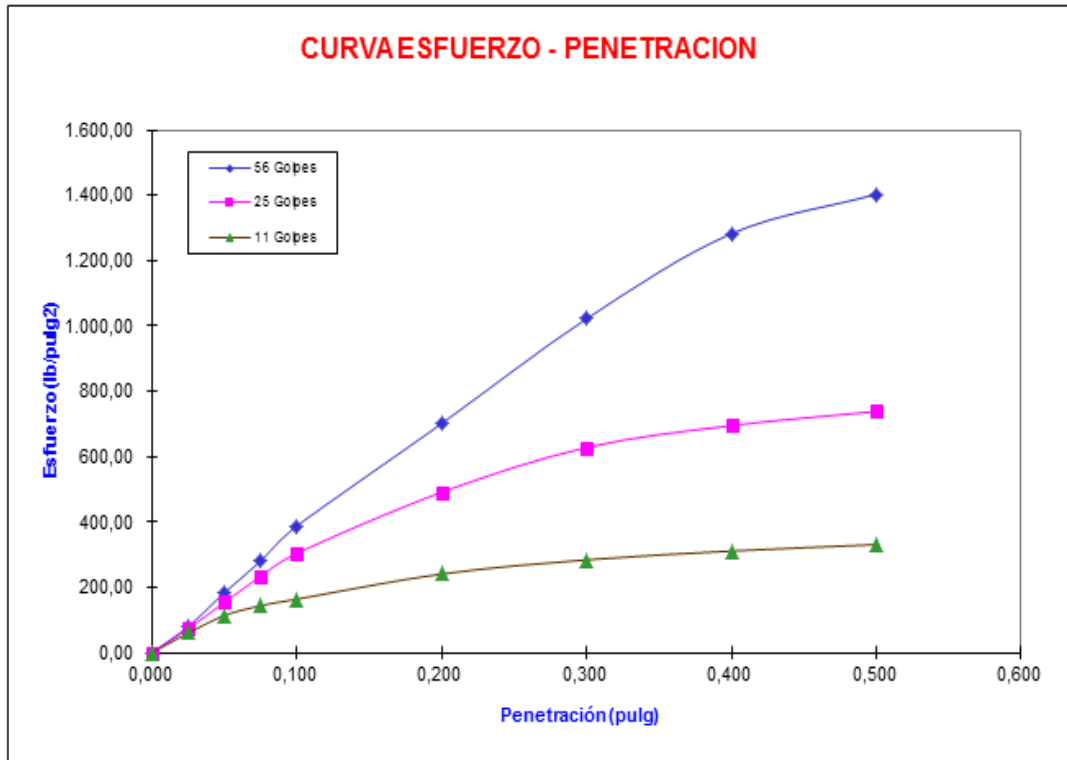
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
387,44	38,74	701,40	46,76
303,94	30,39	490,98	32,73
163,66	16,37	240,48	16,03

CBR (95% γ_d max.) = 35,15 CBR (95% γ_d max.) = 40,73



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 43 Ensayo CBR suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m al

100% de la humedad óptima antes de sumergir



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela	W opt=	100%
Sector	Intag	Kilómetro	35,7 Consolid
Muestra Nº	10	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	17/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.295	9.739	9.483
Peso molde:	6.626	6.679	6.627
Peso suelo:	3.669	3.060	2.856
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.727	1.441	1.345

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	47,41	57,41	46,14	53,38	41,06	56,25
W. seco :	38,75	45,86	35,79	42,69	32,27	44,95
W. capsula:	18,51	18,44	11,51	17,60	11,43	18,25
w (%) :	42,79	42,12	42,63	42,61	42,18	42,32
w(%) prom.:		42,45		42,62		42,25
Dens. Seca:		1.213		1.010		945

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	74,35	88,66	84,05	81,76	79,66	89,31
W. seco :	55,13	65,15	63,33	61,95	60,66	66,72
W. capsula:	11,43	11,75	18,24	18,72	20,87	18,80
w (%) :	43,98	44,03	45,95	45,82	47,75	47,14
w(%) prom.:		44,00		45,89		47,45

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:		10.379		9.845		9.643
Agua abs. :		84		106		160
% agua ab.:		2,29		3,46		5,60

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,228 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	42,68 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 100%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	35,7 Consolid
Muestra N°	10	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	17/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	40	0,85	37	0,79	31	0,66
1	57	1,22	44	0,94	32	0,68
1	69	1,47	51	1,09	46	0,98
1	72	1,54	68	1,45	55	1,18

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	28	93,52	13	43,42	8	26,72
0,050	54	180,36	29	96,86	16	53,44
0,075	75	250,50	41	136,94	20	66,80
0,100	92	307,28	51	170,34	24	80,16
0,200	148	494,32	80	267,20	38	126,92
0,300	191	637,94	97	323,98	48	160,32
0,400	221	738,14	107	357,38	56	187,04
0,500	235	784,90	114	380,76	63	210,42

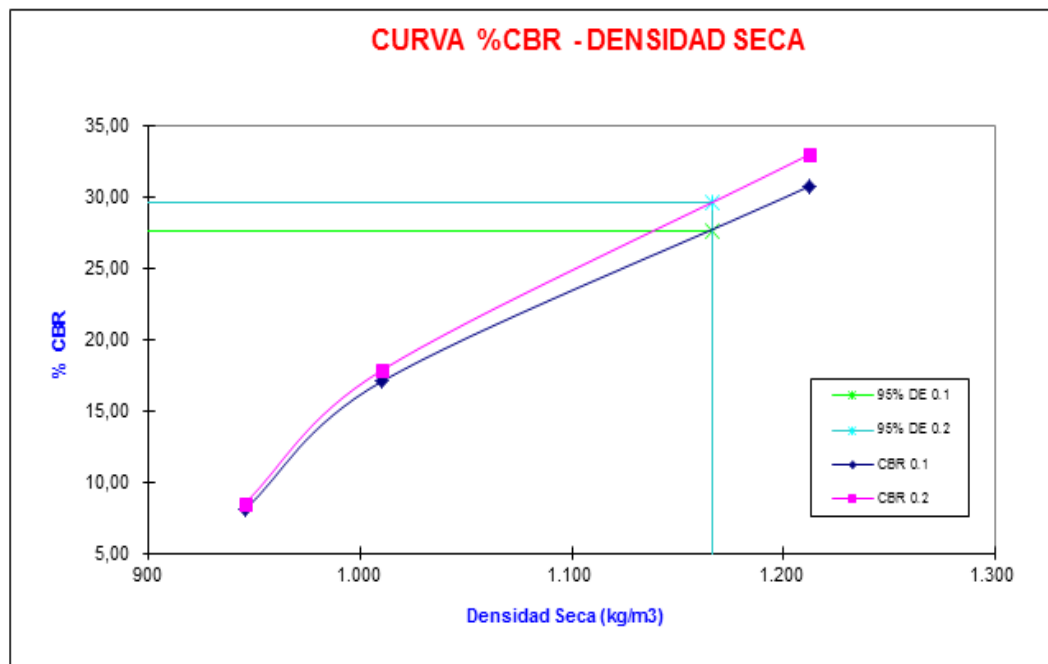
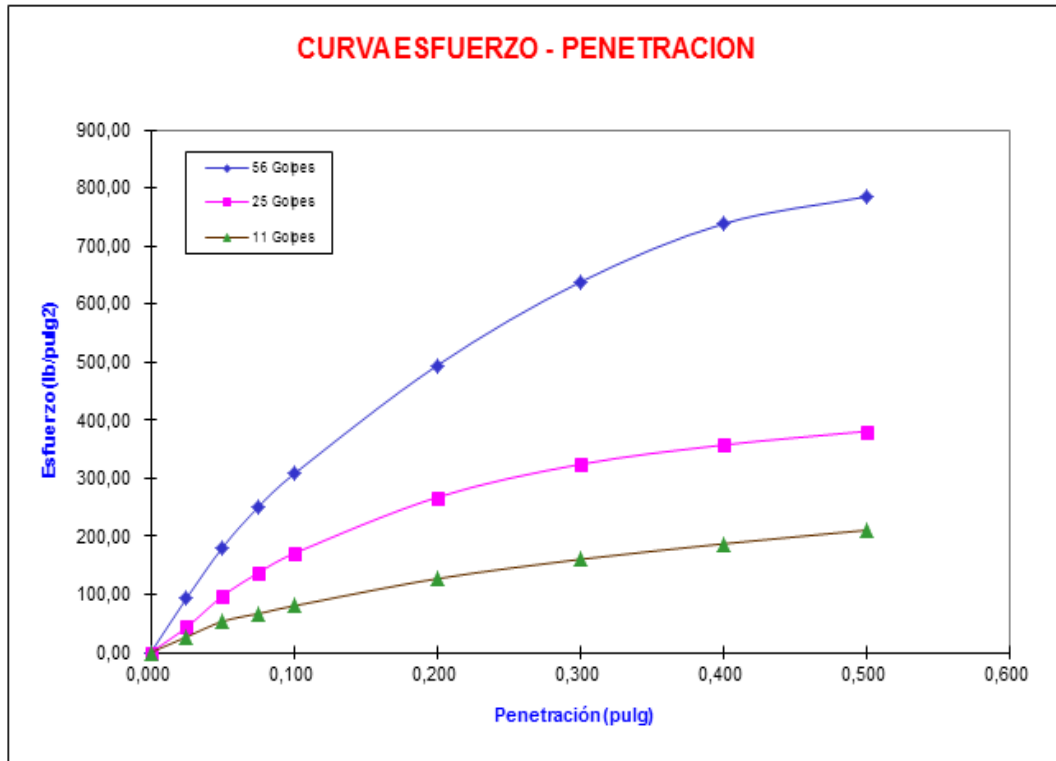
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
307,28	30,73	494,32	32,95
170,34	17,03	267,20	17,81
80,16	8,02	126,92	8,46

CBR (95% γ d max.) = 27,62 CBR (95% γ d max.) = 29,51



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 44 Ensayo CBR suelo con Consolid km 36+700 profundidad 0,50m al

100% de la humedad óptima antes de sumergir



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	<i>Carretera Cuicocha-Apuela</i>		<i>W opt= 100%</i>
Sector	<i>Intag</i>	Kilómetro	36,7 Consolid
Muestra N°	<i>11</i>	Ensayado	<i>José Julián Aguirre</i>
Profundidad	<i>0,50 m</i>		<i>Manuel Prado</i>
Uso	<i>Subrasante</i>	Fecha	<i>18/07/2012</i>

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.495	10.636	10.578
Peso molde:	6.410	6.772	6.955
Peso suelo:	4.085	3.864	3.623
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.923	1.819	1.706

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	55,25	56,10	63,21	45,74	52,27	53,47
W. seco :	47,33	47,96	53,74	39,88	44,92	46,00
W. capsula:	18,15	18,21	18,79	18,21	18,28	18,37
w (%) :	27,14	27,36	27,10	27,04	27,59	27,04
w(%) prom.:		27,25		27,07		27,31
Dens. Seca:		1.511		1.432		1.340

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	57,07	40,79	59,70	59,83	58,92	45,19
W. seco :	46,83	34,27	48,70	48,83	49,29	37,16
W. capsula:	11,50	11,43	11,43	11,51	18,51	11,51
w (%) :	28,98	28,55	29,51	29,47	31,29	31,31
w(%) prom.:		28,77		29,49		31,30

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.528	10.738	10.737
Agua abs. :	33	102	159
% agua ab.:	0,81	2,64	4,39

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,511 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	27,53 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 100%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	36,7 Consolid
Muestra N°	11	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	18/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	24	0,51	45	0,96	33	0,71
1	48	1,03	45	0,96	35	0,75
1	51	1,09	47	1,00	37	0,79
1	51	1,09	48	1,03	40	0,85

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	17	56,78	13	43,42	11	36,74
0,050	36	120,24	27	90,18	22	73,48
0,075	53	177,02	40	133,60	31	103,54
0,100	68	227,12	51	170,34	40	133,60
0,200	112	374,08	82	273,40	62	207,08
0,300	142	474,28	99	330,66	71	237,14
0,400	166	554,44	112	374,08	76	253,84
0,500	180	601,20	119	397,46	80	267,20

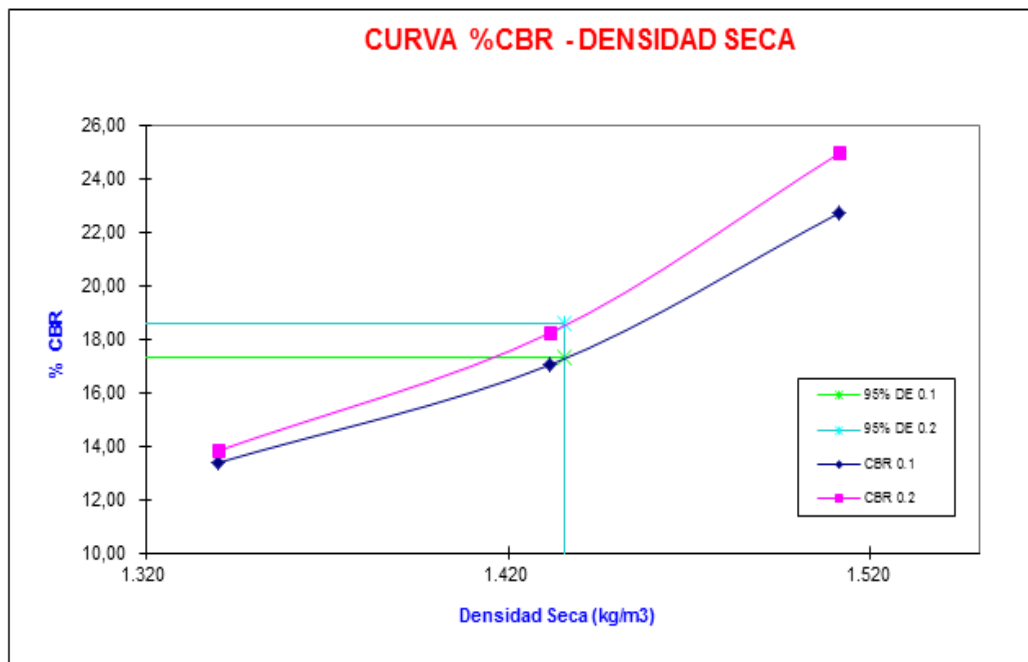
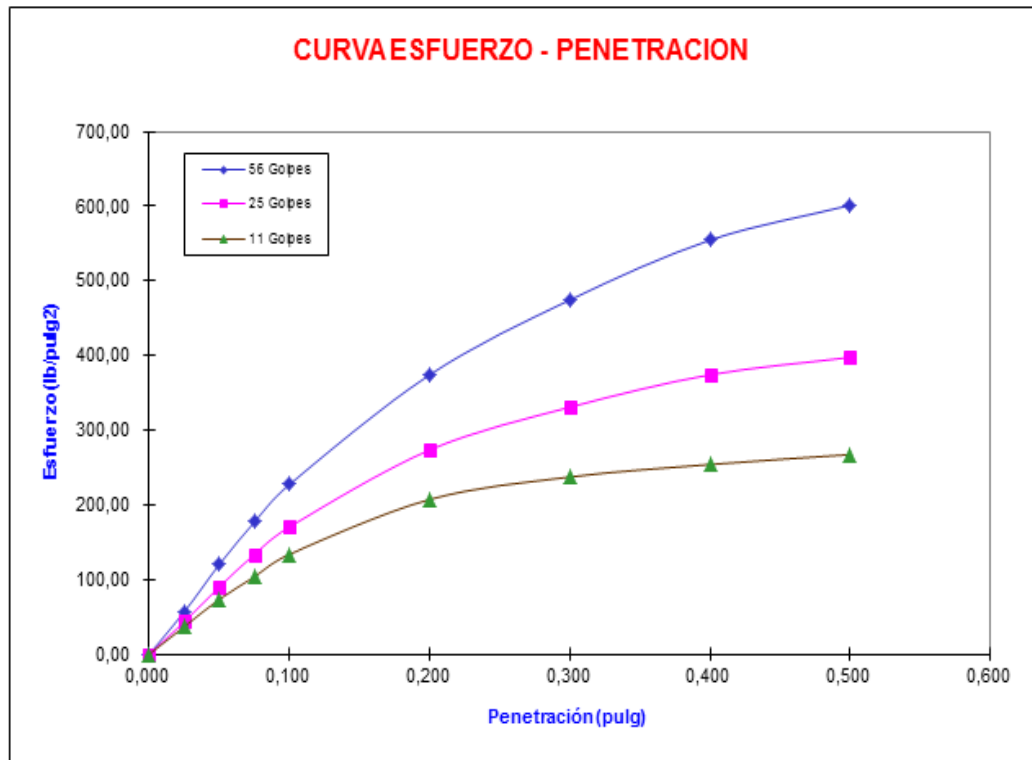
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
227,12	22,71	374,08	24,94
170,34	17,03	273,40	18,23
133,60	13,36	207,08	13,81

CBR (95% γ_d max.) = 17,30 CBR (95% γ_d max.) = 18,54



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



**ANEXO 45 Ensayo CBR suelo con Consolid km 37+700 profundidad 0,50m al
100% de la humedad óptima antes de sumergir**



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W_{opt} = 100%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	37,7 Consolid
Muestra N°	12	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	20/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.696	10.485	10.148
Peso molde:	6.640	6.657	6.632
Peso suelo:	4.056	3.828	3.516
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.910	1.802	1.655

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	58,51	60,14	53,09	63,09	61,48	45,66
W. seco :	51,51	52,79	47,02	55,24	53,88	39,64
W. capsula:	18,53	18,19	18,30	18,44	17,60	11,53
w (%) :	21,22	21,24	21,14	21,33	20,95	21,42
w(%) prom.:		21,23		21,23		21,18
Dens. Seca:		1.575		1.487		1.366

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	59,45	82,01	54,13	80,09	61,90	64,11
W. seco :	50,36	70,11	45,63	68,02	51,48	53,77
W. capsula:	11,44	18,53	11,44	18,35	11,54	15,39
w (%) :	23,36	23,07	24,86	24,30	26,09	26,94
w(%) prom.:		23,21		24,58		26,52

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.773	10.611	10.356
Agua abs. :	77	126	208
% agua ab.:	1,90	3,29	5,92

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,591 kg/m³	HUMEDAD OPTIMA:	21,19 %
-----------------------	-------------------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W_{opt}</i> = 100%
Sector	Intag	Kilómetro	37,7 Consolid
Muestra N°	12	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	20/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	33	0,71	25	0,53	24	0,51
1	43	0,92	31	0,66	29	0,62
1	51	1,09	37	0,79	34	0,73
1	55	1,18	42	0,90	38	0,81

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	12	40,08	8	26,72	8	26,72
0,050	26	86,84	20	66,80	12	40,08
0,075	42	140,28	32	106,88	16	53,44
0,100	57	190,38	42	140,28	19	63,46
0,200	118	394,12	70	233,80	30	100,20
0,300	160	534,40	87	290,58	35	116,90
0,400	191	637,94	98	327,32	40	133,60
0,500	207	691,38	109	364,06	43	143,62

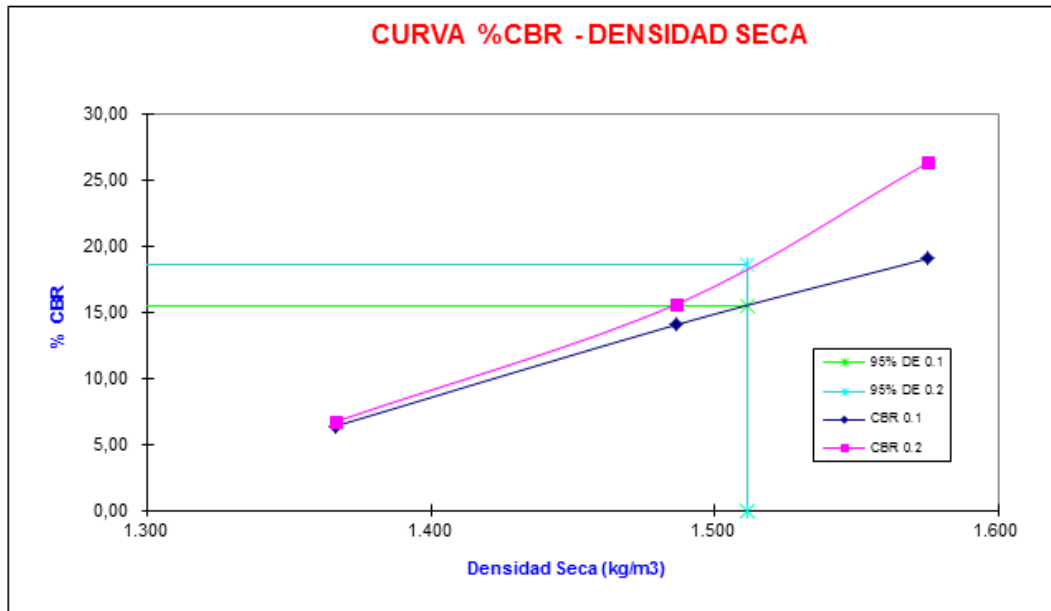
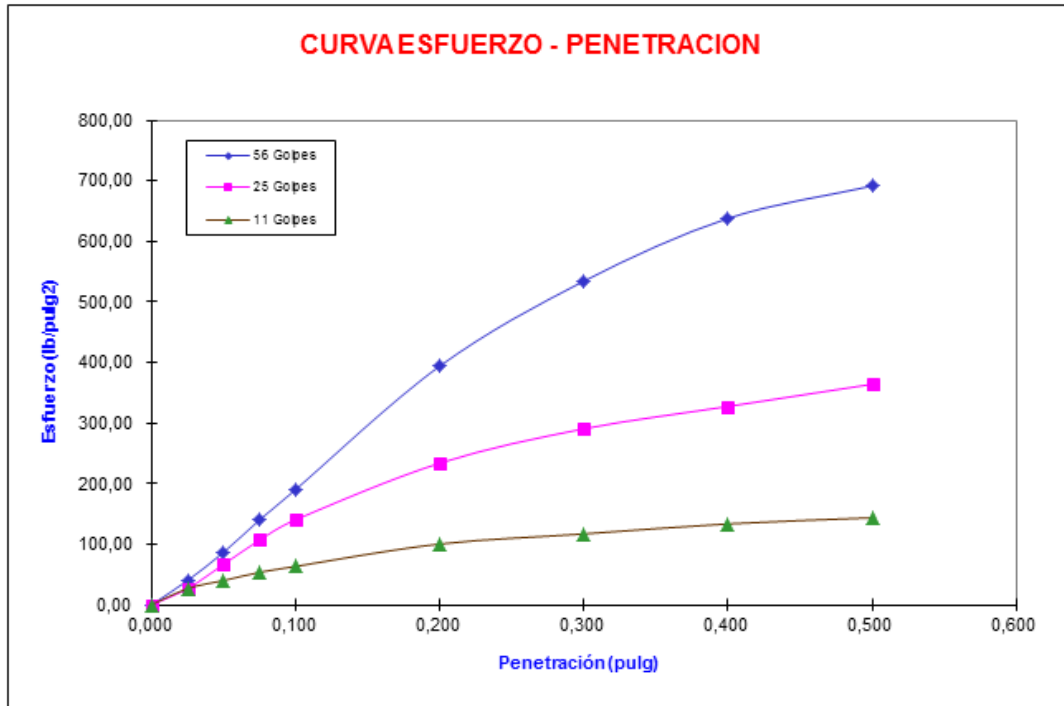
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
190,38	19,04	394,12	26,27
140,28	14,03	233,80	15,59
63,46	6,35	100,20	6,68

CBR (95% γ_d max.) = 15,43 CBR (95% γ_d max.) = 18,59



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 46 Ensayo CBR suelo con Consolid km 32+600 profundidad 0,50m

secado al 50% de la humedad óptima antes de sumergir



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	32,6 Consolid
Muestra N°	13	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	24/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.892	10.378	9.844
Peso molde:	6.654	6.637	6.628
Peso suelo:	4.238	3.741	3.216
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.995	1.761	1.514

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	78,64	80,17	78,62	68,08	77,76	83,19
W. seco :	69,78	71,28	69,73	60,70	69,07	73,79
W. capsula:	18,28	18,96	17,98	17,93	18,57	18,77
w (%) :	17,20	16,99	17,18	17,26	17,21	17,08
w(%) prom.:		17,10		17,22		17,15
Dens. Seca:		1.704		1.503		1.293

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	70,07	85,56	70,69	73,85	67,11	64,45
W. seco :	65,23	79,10	64,89	67,53	61,13	58,77
W. capsula:	19,05	18,52	17,64	17,96	17,91	18,01
w (%) :	10,48	10,66	12,28	12,75	13,84	13,94
w(%) prom.:		10,57		12,51		13,89

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.591	10.217	9.722
Agua abs. :	(301)	(161)	(122)
% agua ab.:	-7,10	-4,30	-3,79

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,750 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	17,03 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	32,6 Consolid
Muestra N°	13	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	24/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	21	0,45	20	0,43	20	0,43
1	22	0,47	21	0,45	20	0,43
1	22	0,47	22	0,47	21	0,45
1	23	0,49	22	0,47	21	0,45

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	20	66,80	17	56,78	14	46,76
0,050	39	130,26	33	110,22	27	90,18
0,075	55	183,70	45	150,30	35	116,90
0,100	70	233,80	54	180,36	41	136,94
0,200	116	387,44	86	287,24	62	207,08
0,300	144	480,96	106	354,04	72	240,48
0,400	160	534,40	116	387,44	80	267,20
0,500	165	551,10	124	414,16	85	283,90

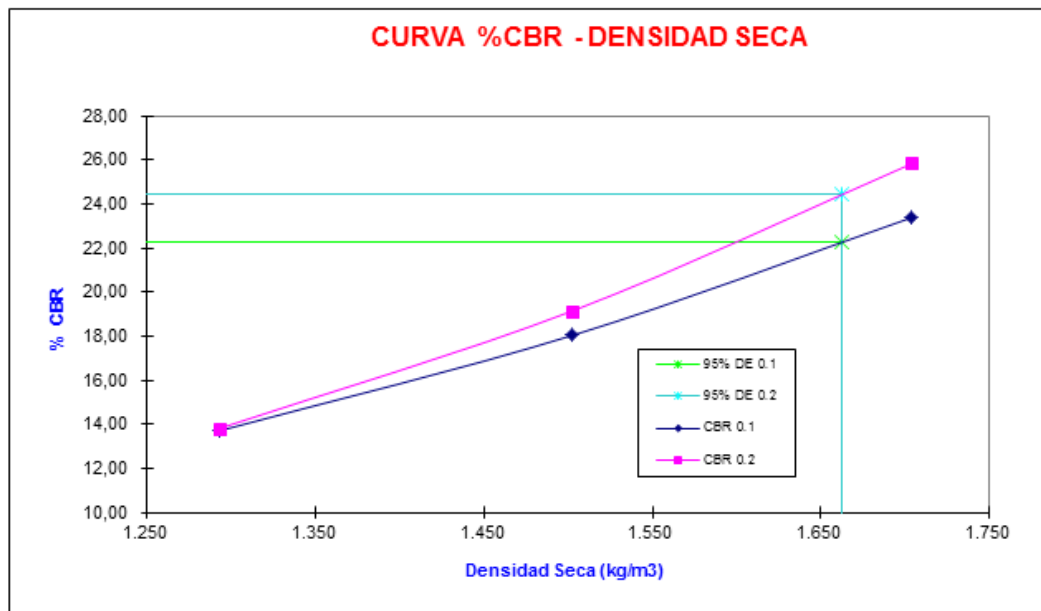
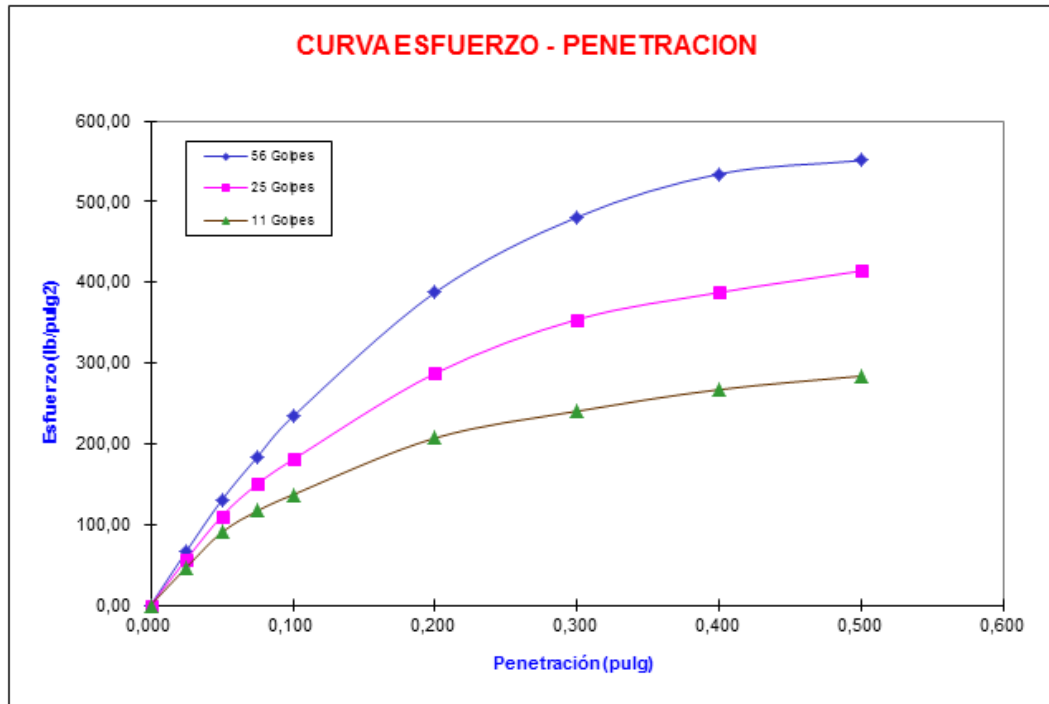
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
233,80	23,38	387,44	25,83
180,36	18,04	287,24	19,15
136,94	13,69	207,08	13,81

CBR (95% γ_d max.) = 22,28 CBR (95% γ_d max.) = 24,45



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 47 Ensayo CBR suelo con Consolid km 33+500 profundidad 0,50m

secado al 50% de la humedad óptima



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W_{opt} = 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	33,5 Consolid
Muestra N°	14	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	23/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.175	10.883	10.610
Peso molde:	6.682	6.630	6.632
Peso suelo:	4.493	4.253	3.978
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.115	2.002	1.873

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	64,10	71,77	64,58	57,74	64,79	65,78
W. seco :	58,22	64,95	58,94	52,53	58,87	59,69
W. capsula:	18,75	18,85	20,86	18,05	18,32	18,47
w (%) :	14,90	14,79	14,81	15,11	14,60	14,77
w(%) prom.:		14,85		14,96		14,69
Dens. Seca:		1.842		1.742		1.633

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	86,12	74,49	75,33	83,79	81,51	79,92
W. seco :	80,47	69,89	69,97	77,45	74,30	73,18
W. capsula:	19,05	18,52	17,64	17,96	17,91	18,01
w (%) :	9,20	8,95	10,24	10,66	12,79	12,22
w(%) prom.:		9,08		10,45		12,50

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.860	10.810	10.506
Agua abs. :	(315)	(73)	(104)
% agua ab.:	-7,01	-1,72	-2,61

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,837 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	14,84 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	33,5 Consolid
Muestra N°	14	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	23/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	20	0,43	21	0,45	20	0,43
1	21	0,45	21	0,45	20	0,43
1	21	0,45	21	0,45	21	0,45
1	22	0,47	21	0,45	21	0,45

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	27	90,18	18	60,12	12	40,08
0,050	55	183,70	36	120,24	26	86,84
0,075	85	283,90	53	177,02	38	126,92
0,100	112	374,08	74	247,16	50	167,00
0,200	220	734,80	136	454,24	83	277,22
0,300	324	1.082,16	202	674,68	116	387,44
0,400	415	1.386,10	252	841,68	149	497,66
0,500	467	1.559,78	277	925,18	171	571,14

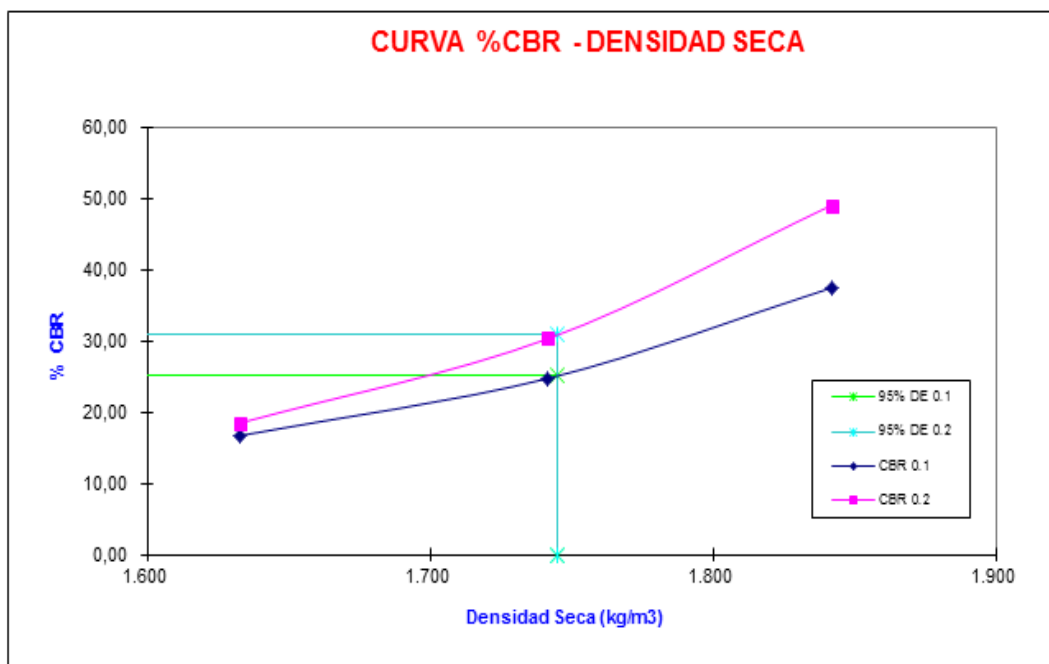
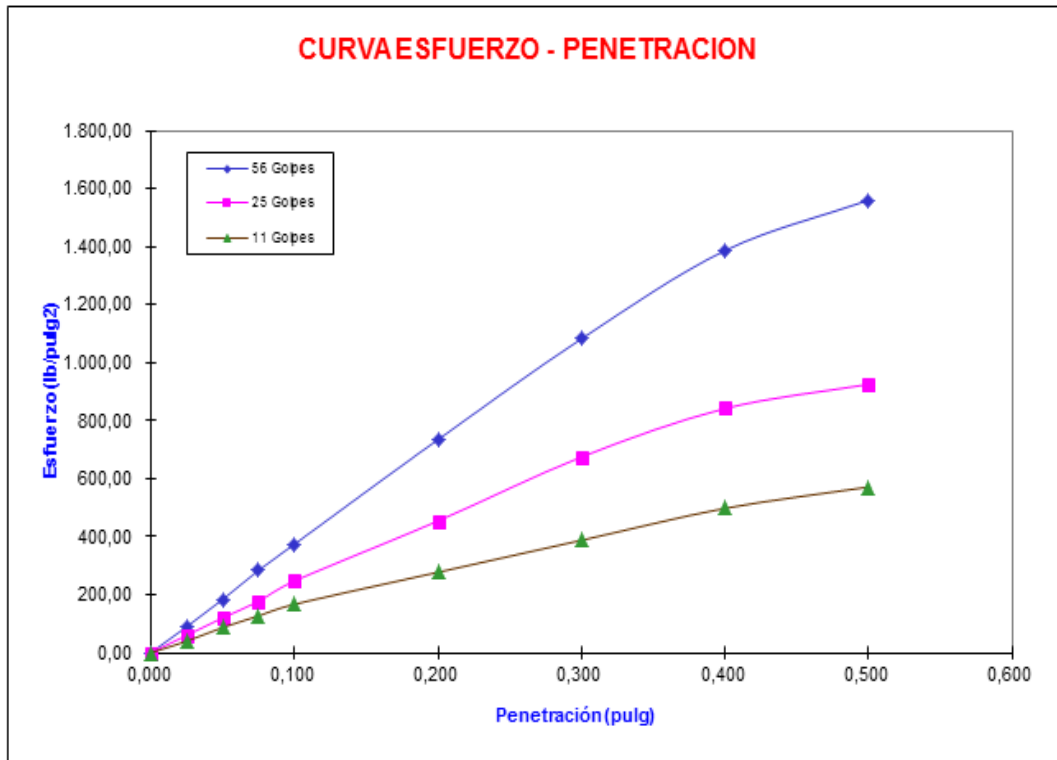
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
374,08	37,41	734,80	48,99
247,16	24,72	454,24	30,28
167,00	16,70	277,22	18,48

CBR (95% γ_d max.) = 25,14 CBR (95% γ_d max.) = 30,91



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 48 Ensayo CBR suelo con Consolid km 34+700 profundidad 0,50m

secado al 50% de la humedad óptima



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W_{opt} = 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	34,7 Consolid
Muestra N°	15	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	25/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.106	10.524	10.056
Peso molde:	6.640	6.657	6.632
Peso suelo:	4.466	3.867	3.424
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	2.103	1.821	1.612

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	71,73	57,46	70,23	64,34	76,39	59,42
W. seco :	64,67	52,24	63,40	58,20	68,75	54,00
W. capsula:	18,28	18,96	17,98	17,93	18,57	18,77
w (%) :	15,22	15,69	15,04	15,25	15,23	15,38
w(%) prom.:		15,45		15,14		15,30
Dens. Seca:		1.821		1.581		1.398

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	86,12	74,19	76,13	84,19	81,31	79,62
W. seco :	80,77	69,69	70,67	77,85	74,80	73,08
W. capsula:	19,05	18,52	17,64	17,96	17,91	18,01
w (%) :	8,67	8,79	10,30	10,59	11,44	11,88
w(%) prom.:		8,73		10,44		11,66

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.818	10.335	10.184
Agua abs. :	(288)	(189)	128
% agua ab.:	-6,45	-4,89	3,74

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,818 kg/m ³	HUMEDAD OPTIMA:	15,02 %
----------------	-------------------------	-----------------	---------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W_{opt}</i> = 50%
Sector	Intag	Kilómetro	34,7 Consolid
Muestra N°	15	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	25/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	22	0,47	20	0,43	20	0,43
1	22	0,47	20	0,43	21	0,45
1	23	0,49	21	0,45	21	0,45
1	24	0,51	22	0,47	22	0,47

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	20	66,80	14	46,76	12	40,08
0,050	39	130,26	27	90,18	21	70,14
0,075	55	183,70	41	136,94	29	96,86
0,100	72	240,48	53	177,02	33	110,22
0,200	126	420,84	85	283,90	50	167,00
0,300	161	537,74	107	357,38	59	197,06
0,400	177	591,18	122	407,48	64	213,76
0,500	183	611,22	128	427,52	68	227,12

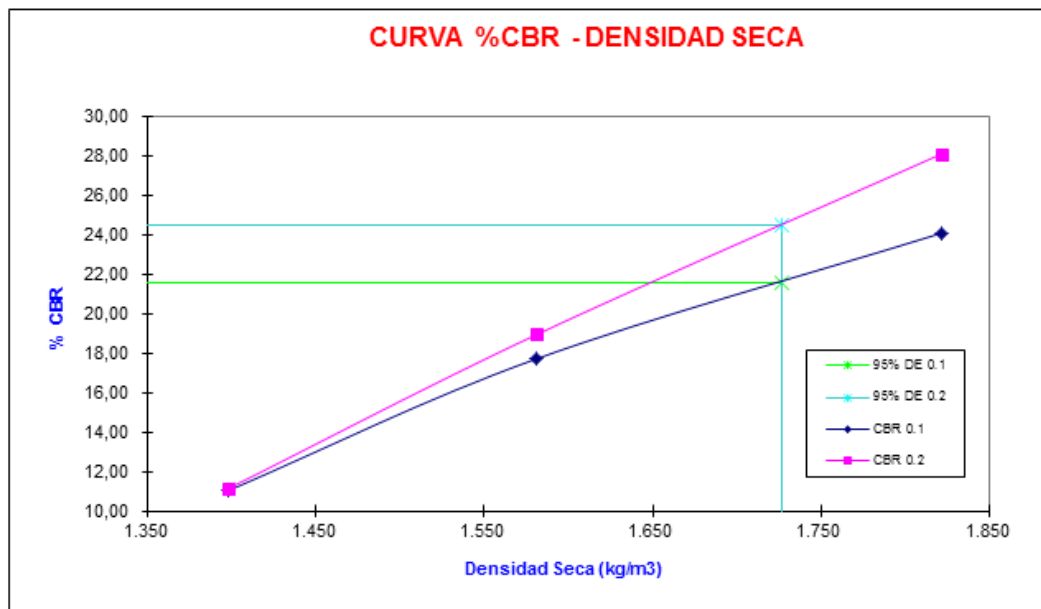
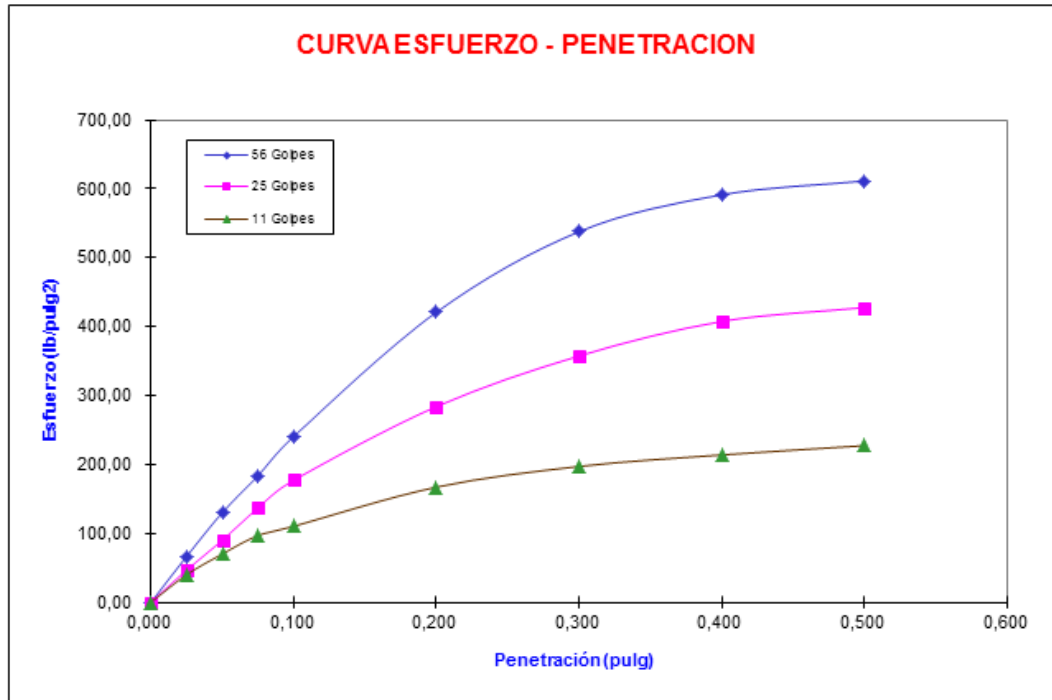
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
240,48	24,05	420,84	28,06
177,02	17,70	283,90	18,93
110,22	11,02	167,00	11,13

CBR (95% γ_d max.) = **21,56** CBR (95% γ_d max.) = **24,48**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 49 Ensayo CBR suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m

secado al 50% de la humedad óptima



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	35,7 Consolid
Muestra N°	16	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	31/07/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.318	10.006	9.599
Peso molde:	6.640	6.657	6.632
Peso suelo:	3.678	3.349	2.967
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.732	1.577	1.397

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	60,04	69,06	62,20	63,29	64,66	61,65
W. seco :	46,70	54,07	49,12	49,88	50,87	48,71
W. capsula:	15,34	18,77	18,01	18,39	18,26	18,25
w (%) :	42,54	42,46	42,04	42,58	42,29	42,48
w(%) prom.:		42,50		42,31		42,38
Dens. Seca:		1.215		1.108		981

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	89,32	82,19	75,33	83,79	81,31	79,62
W. seco :	75,17	69,49	62,17	68,85	65,30	64,18
W. capsula:	19,05	18,52	17,64	17,96	17,91	18,01
w (%) :	25,21	24,92	29,55	29,36	33,78	33,44
w(%) prom.:		25,07		29,46		33,61

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:		9.856		9.712		9.404
Agua abs. :		(462)		(294)		(195)
% agua ab.:		-17,90		-12,49		-9,36

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,228 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	42,68 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	35,7 Consolid
Muestra N°	16	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	31/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	33	0,71	31	0,66	25	0,53
1	41	0,88	40	0,85	34	0,73
1	52	1,11	53	1,13	41	0,88
1	76	1,62	68	1,45	56	1,20

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	17	56,78	10	33,40	5	16,70
0,050	33	110,22	17	56,78	7	23,38
0,075	45	150,30	22	73,48	9	30,06
0,100	58	193,72	28	93,52	11	36,74
0,200	95	317,30	45	150,30	18	60,12
0,300	126	420,84	60	200,40	22	73,48
0,400	150	501,00	68	227,12	26	86,84
0,500	164	547,76	76	253,84	29	96,86

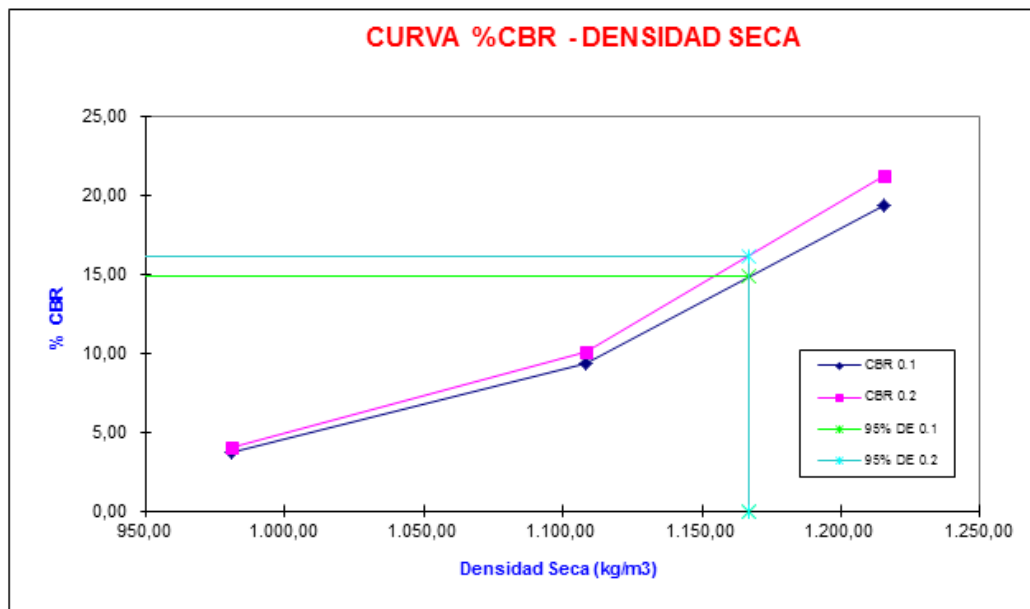
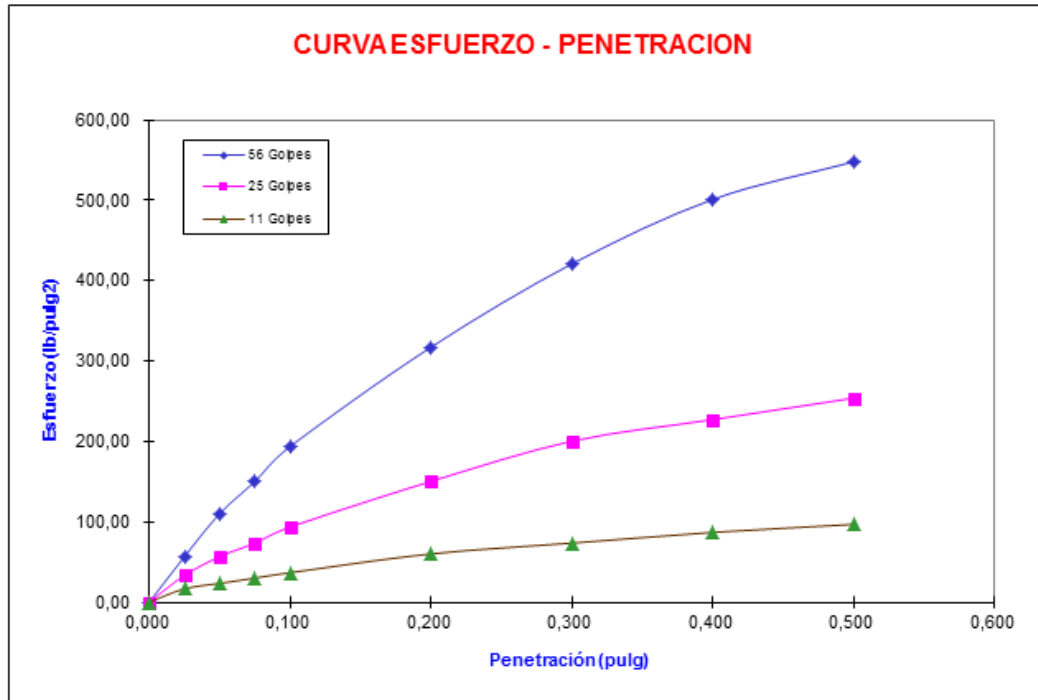
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
193,72	19,37	317,30	21,15
93,52	9,35	150,30	10,02
36,74	3,67	60,12	4,01

CBR (95% γd max.) = **14,83** CBR (95% γd max.) = **16,11**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 50 Ensayo CBR suelo con Consolid km 36+700 profundidad 0,50m

secado al 50% de la humedad óptima



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	<i>Carretera Cuicocha-Apuela</i>	W opt= 50%
Sector	<i>Intag</i>	Kilómetro <i>36,7 Consolid</i>
Muestra N°	<i>17</i>	Ensayado <i>José Julián Aguirre</i>
Profundidad	<i>0,50 m</i>	<i>Manuel Prado</i>
Uso	<i>Subrasante</i>	Fecha <i>30/07/2012</i>

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	11.143	10.691	10.578
Peso molde:	6.943	6.942	7.151
Peso suelo:	4.200	3.749	3.427
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.977	1.765	1.613

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	61,12	64,11	63,44	50,02	58,11	67,63
W. seco :	51,91	53,95	53,75	43,15	49,68	56,91
W. capsula:	18,28	17,64	18,81	17,94	18,96	18,47
w (%) :	27,39	27,98	27,73	27,25	27,44	27,89
w(%) prom.:		27,68		27,49		27,66
Dens. Seca:		1.549		1.384		1.264

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	76,42	81,37	68,55	58,69	81,68	82,99
W. seco :	67,26	71,47	59,38	50,64	70,11	71,33
W. capsula:	17,67	18,97	15,34	11,55	18,22	18,49
w (%) :	18,47	18,86	20,82	20,59	22,30	22,07
w(%) prom.:		18,66		20,71		22,18

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.820	10.459	10.427
Agua abs. :	(323)	(232)	(151)
% agua ab.:	-7,69	-6,19	-4,41

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,511 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	27,53 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	36,7 Consolid
Muestra N°	17	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	30/07/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	23	0,49	21	0,45	20	0,43
1	23	0,49	22	0,47	21	0,45
1	24	0,51	22	0,47	21	0,45
1	24	0,51	23	0,49	22	0,47

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	17	56,78	10	33,40	7	23,38
0,050	35	116,90	19	63,46	10	33,40
0,075	56	187,04	28	93,52	13	43,42
0,100	74	247,16	34	113,56	15	50,10
0,200	137	457,58	57	190,38	23	76,82
0,300	168	561,12	70	233,80	28	93,52
0,400	183	611,22	80	267,20	33	110,22
0,500	191	637,94	86	287,24	36	120,24

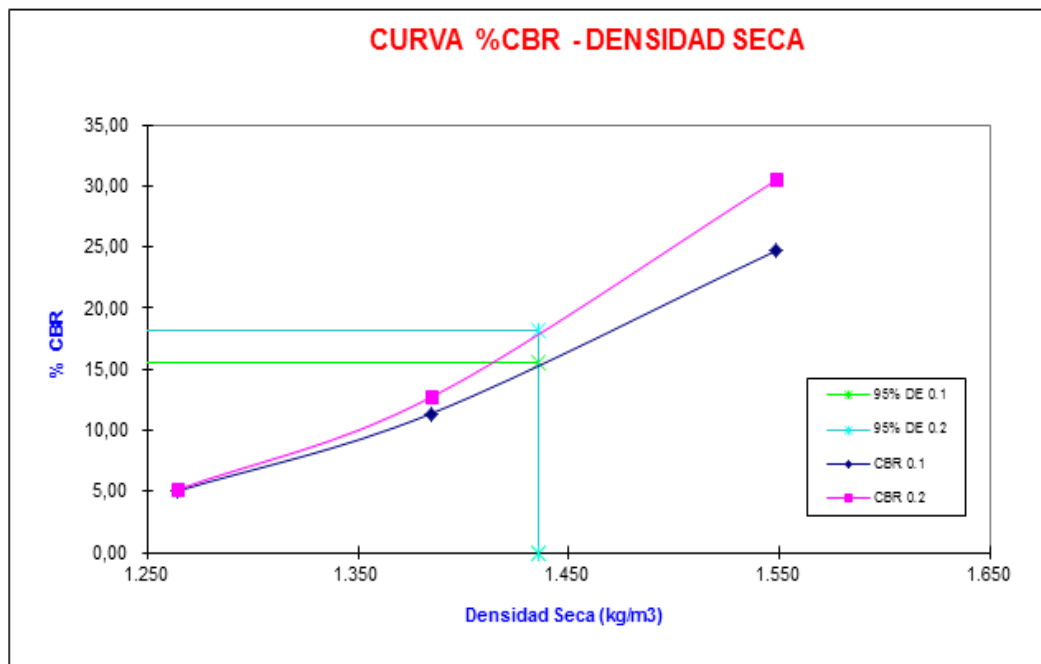
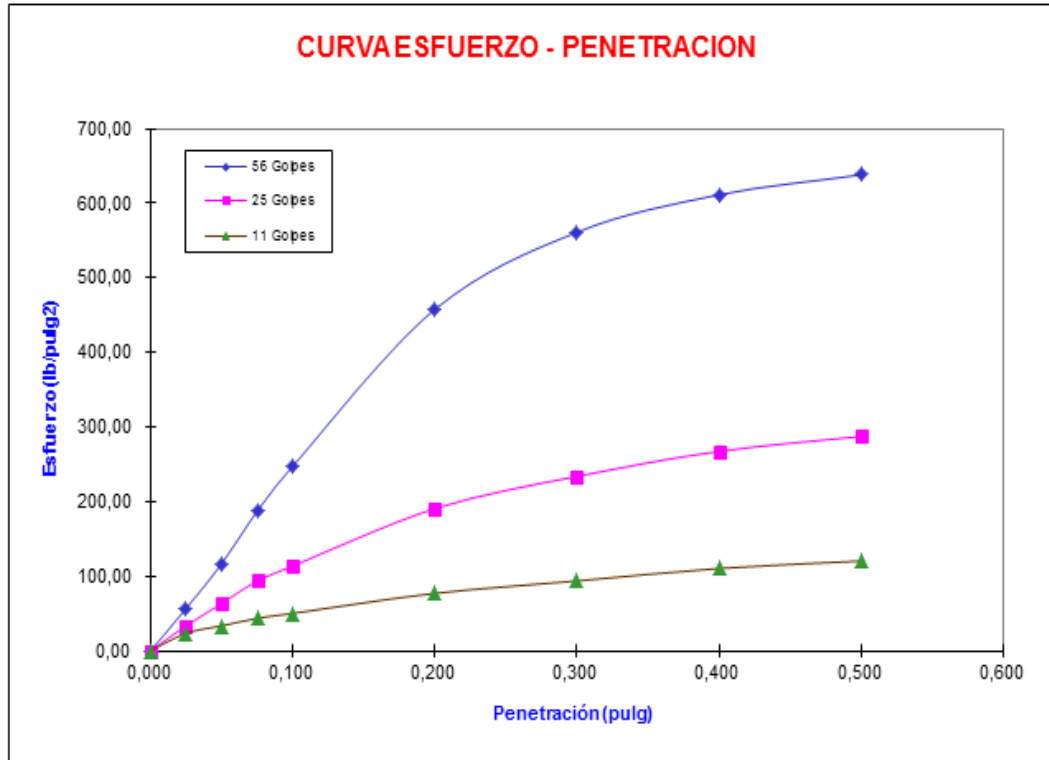
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
247,16	24,72	457,58	30,51
113,56	11,36	190,38	12,69
50,10	5,01	76,82	5,12

CBR (95% γ_d max.) = 15,51 CBR (95% γ_d max.) = 18,22



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 51 Ensayo CBR suelo con Consolid km 35+700 profundidad 0,50m

secado al 50% de la humedad óptima



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
ENSAYO CBR**

Proyecto	Carretera Guicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	37,7 Consolid
Muestra N°	18	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	01/08/2012

DATOS DEL MOLDEO

No. DE CAPAS = 5

PESO MARTILLO = 4.5 Kg.

MOLDE No.:	E1	E2	E3
Golpes/capa	56	25	11
Peso comp.:	10.982	10.511	10.119
Peso molde:	6.943	6.942	7.151
Peso suelo:	4.039	3.569	2.968
Volumen :	2.124	2.124	2.124
Dens. Hum :	1.902	1.680	1.397

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

W. humedo :	50,67	54,94	69,60	78,04	70,01	77,22
W. seco :	43,79	47,22	60,53	67,56	60,93	66,90
W. capsula:	11,51	11,60	18,52	19,07	18,55	18,73
w (%) :	21,31	21,67	21,59	21,61	21,43	21,42
w(%) prom.:		21,49		21,60		21,42
Dens. Seca:		1.565		1.382		1.151

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACION:

W. humedo :	76,42	81,37	68,55	58,69	81,68	82,99
W. seco :	67,66	72,27	59,78	50,84	70,71	71,71
W. capsula:	17,67	18,97	15,34	11,55	18,22	18,49
w (%) :	17,52	17,07	19,73	19,98	20,90	21,20
w(%) prom.:		17,30		19,86		21,05

PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:

Peso satr.:	10.811	10.452	10.094
Agua abs. :	(171)	(59)	(25)
% agua ab.:	-4,23	-1,65	-0,84

PORCENTAJE DE COMPACTACION:

DENSIDAD MAX.:	1,591 kg/m3	HUMEDAD OPTIMA:	21,19 %
-----------------------	--------------------	------------------------	----------------



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR

Proyecto	Carretera Cuicocha-Apuela		<i>W opt= 50%</i>
Sector	Intag	Kilómetro	37,7 Consolid
Muestra N°	18	Ensayado	José Julián Aguirre
Profundidad	0,50 m		Manuel Prado
Uso	Subrasante	Fecha	01/08/2012

ESPONJAMIENTO:

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0,00	20	0,00	20	0,00
1	21	0,45	20	0,43	20	0,43
1	22	0,47	21	0,45	21	0,45
1	22	0,47	22	0,47	21	0,45
1	23	0,49	22	0,47	21	0,45

PENETRACION

MOLDE No.:	E1		E2		E3	
penetracion (pulgadas)	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2	dial	presion lb/plg2
		56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes
0,000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,025	15	50,10	11	36,74	7	23,38
0,050	34	113,56	20	66,80	12	40,08
0,075	52	173,68	31	103,54	16	53,44
0,100	70	233,80	39	130,26	19	63,46
0,200	122	407,48	69	230,46	32	106,88
0,300	166	554,44	96	320,64	41	136,94
0,400	204	681,36	114	380,76	44	146,96
0,500	220	734,80	120	400,80	46	153,64

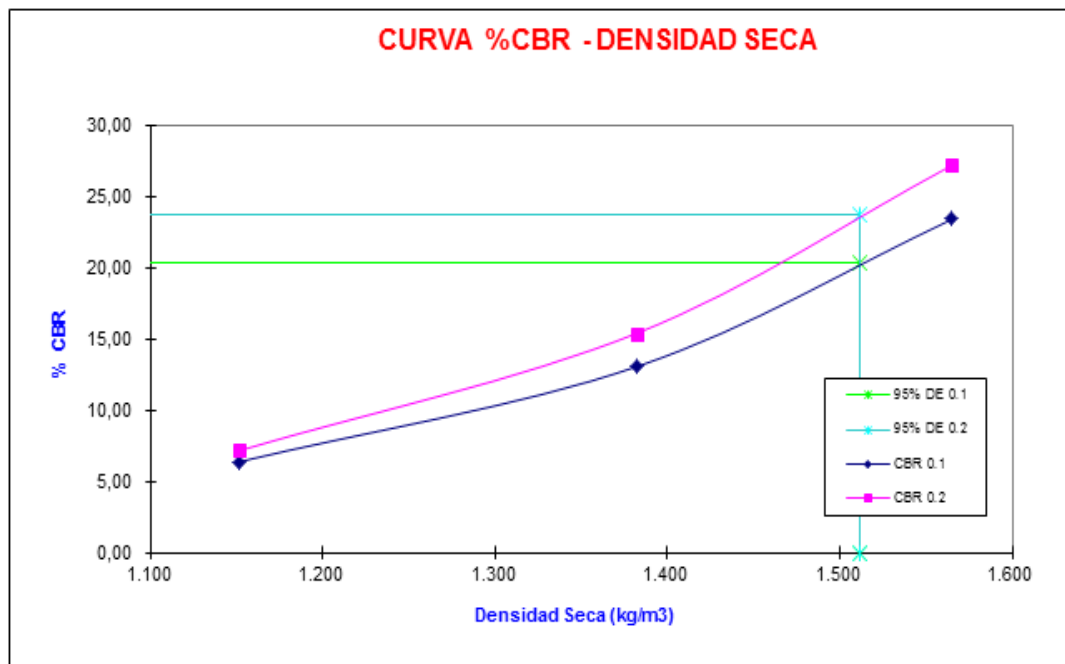
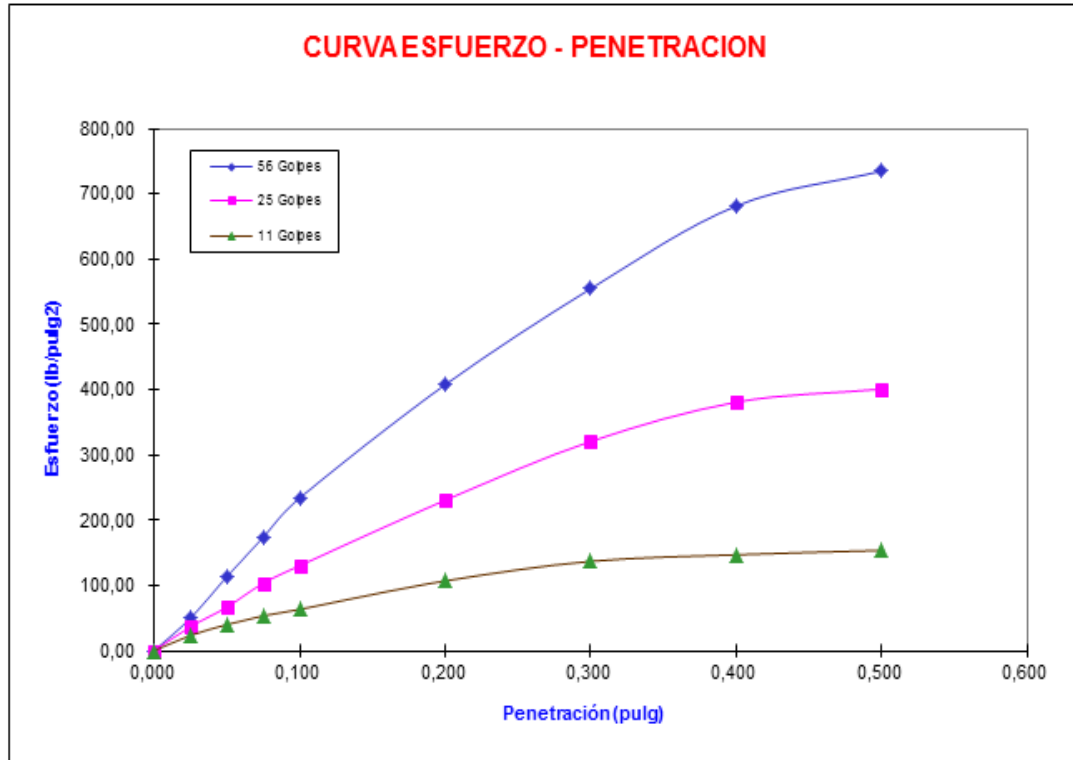
VALORES CBR:

presion lb/plg2	valor CBR 0.1"	presion lb/plg2	valor CBR 0.2"
233,80	23,38	407,48	27,17
130,26	13,03	230,46	15,36
63,46	6,35	106,88	7,13

CBR (95% γd max.) = 20,35 CBR (95% γd max.) = 23,71



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA ENSAYO CBR



ANEXO 52 Registro fotográfico

















