

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN-MANAGUA

Recinto Universitario Rubén Darío

Facultad de Ciencias e Ingenierías

Departamento de construcción



**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el Municipio de Rivas para la Construcción de la Capa Sub-base y Base de la Superficie de Rodamiento.

Elaborado por:

Br. Frayl Nazareth López Lugo

Br. Marlen Jesenia Martínez Valdivia

Tutor: MSc. Ing. Héctor Mayorga Pauth

Asesor: Ing. Oswaldo Ramón Balmaceda

ING
378.242
Lóp
2014

HPW-578

Biblioteca Central "Salomón de la Selva"
UNAN-Managua
Fecha de Ingreso: 09/12/14
Comprado: Don. Dpto. Construcción
Precio: CS. US.
Registro No. 64648

Noviembre 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro creador por concedernos el don de la vida, la sabiduría, la fuerza y la valentía para alcanzar esa meta común llamada carrera universitaria que hace cinco años emprendimos con mucho amor y entusiasmo.

A nuestro tutor el Ing. Héctor Pauth y a nuestro asesor el Ing. Oswaldo Balmaceda, por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo monográfico, especialmente por su disposición y sus acertadas orientaciones al momento de tomar decisiones trascendentales, por compartir con nosotras sus conocimientos y experiencia la cual respetamos mucho.

A nuestros maestros de la carrera por ser ellos los encargados de nuestra preparación profesional.

AIDISA (ingenieros, desarrollo e inversiones S.A), de manera especial al ingeniero Rodolfo Bermúdez gerente general de la empresa por permitirnos realizar los ensayos de nuestro estudio en sus laboratorios de materiales y suelos y al personal del laboratorio por su excelente ayuda.

ADYSCONCSA (diseño y supervisión, control de calidad S.A), particularmente al ingeniero Juan Carlos Reyes y al ingeniero Moisés García Dávila; y a todo el personal por su contribución en los estudios de suelos realizados en su laboratorio.

Al ingeniero Ernesto Barrios Mejía, director de proyectos y obras públicas de la alcaldía del municipio de Rivas, por su colaboración.

Al señor Pedro Quintanilla, a la señora Erika Meléndez y al señor José Baldelomar; propietarios del banco el Rosario Norte, banco Cori y banco Belmont respectivamente, por su ayuda.

Las Autoras

AGRADECIMIENTOS

A Dios; el dueño de mi vida; aquel en quien he depositado toda mi confianza para lograr mis metas; por su inmensa bondad y misericordia; porque aunque muchas veces le he fallado él siempre me ha colmado de infinitas bendiciones; él es el único que todo lo sabe, todo lo puede, y sin embargo no me reprocha cuando las cosas me salen mal o cuando me equivoco, más bien me regala fuerzas y me ayuda a continuar. A quien le debo todo lo que soy y lo que tengo.

A mi amada mamá Xiomara Valdivia castillo, por su desmedido amor, por ser mi soporte, mi guía, mi modelo a seguir, mi inspiración, por ser la persona que más confía en mí, por sus consejos y por sus reprensiones, por sus oraciones, por inculcarme los valores que me condujeron hacia mi objetivo, por celebrar mis triunfos y ayudarme a superar mis fracasos. No sé si es la mejor madre del mundo solo sé que no concibo mi vida sin ella.

A mi amado papá Juan Martínez Luquez, por su amor, por consentirme y al mismo tiempo ser estricto, por enseñarme el verdadero significado de la independencia, por ser mi orgullo, por trabajar tanto para que mis hermanos y yo tengamos lo que necesitamos, por protegerme, por ser el abrazo que me hace sentir segura. Es una bendición que seas mi padre.

A mis maestros Ing. Juan Ramón García, Ing. Ernesto Cuadra, Ing. Wilber Pérez Flores, Ing. Freddy Sánchez, Ing. Adolfo Cordero Andrade, Ing. Evert López, Ing. Víctor Tirado Picado, Ing. Bayardo Altamirano, Ing. Edwin Obando, Ing. Keyling Blandón, Ing. Raúl Madrigal e Ing. Ervin Cabrera; por contribuir a mi formación profesional.

A mis maestros de primaria por la paciencia de enseñarme mis primeras letras y conocimientos, de secundaria por encargarse de mi educación media que es tan fundamental; de manera muy especial a la Lic. Miriam Jarquín Ordoñez y a la Lic. Juanita Blandón por su gran cariño.

A mi tío José Benito Valdivia castillo, a su esposa Margarita Martínez de Valdivia, y a sus hijas que son como hermanas para mí: Karen, Esmeralda y Guisela, por abrirme las puertas de su casa y de su corazón, por hacerme sentir parte de su hermosa familia y por su gran apoyo.

A mis abuelitos: Juan Martínez Roque y Natalia Luquez Escorcía, Por su cariño.

A mi entrañable amiga Fraly Nazareth López Lugo; por ser mi compañera de clases, de tantas noches intensas de estudios, compañera de muchas experiencias enriquecedoras como la de este trabajo monográfico en el cual he encontrado mucha satisfacción. Por tantos momentos lindos que hemos disfrutado y tantos difíciles a los cuales nos hemos sobrepuesto juntas.

A mis tíos; socorro Valdivia de Mendoza y Rafael Mendoza Ruiz, Rosario Valdivia de Herrera y Félix Pedro Herrera, José Cristino Valdivia Castillo y Miriam Herrera de Valdivia, Julio Cesar Meneses Valdivia y Maira Azucena Silva de Meneses, José David Valdivia Castillo y Rutilia Castillo; Por su cariño y oraciones.

A Alfonso José Lacayo Rivera, por su amor, su apoyo y sobre todo por su comprensión.

A don José Reynaldo Martínez Pravia y a doña Petronila González de Martínez, por su apoyo y cariño.

A mi madrina: Reyna Alcántara Loaisiga; por su amor.

A la familia Gómez Rivera, por su cariño.

A la familia Guido Barrera por su cariño, por estar pendientes de mí y por tenerme presente en sus oraciones.

A la señora Irma Blandón Arancibia, por su cariño y sus consejos.

Por último y no menos importante agradezco a amigos, compañeros de primaria, de secundaria y de la universidad que han estado presentes en mi vida y con quienes he compartido momentos agradables y otros no tan agradables; especialmente a :Katerin Vanesa Ledesma, Marling Ivania Meneses, Catherine María Calderón, Saúl Antonio

Cardoza, Eddy Martínez Villatoro, María Elsa Zuniga, Darwin Leonel Chavarría, Juan Carlos Calero, José Nelson Monzón, Raziel Medina, Laura Tatiana Avilés, María Emilse Gaitán, Vanesa Orozco Centeno, Ericka Miranda Trujillo, Keyling Rizo Martínez, Job José Olivas, Dixon Daniel Cordero, y Elvin Emileth Arauz Arancibia.

Marlen Martínez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera muy especial:

A Dios; el padre de la ciencia y de la sabiduría, el enmendador de los sabios.

A mis padres: Juan Martínez Luquez y Xiomara Valdivia Castillo, los dos seres más importantes en mi vida, a quienes amo muchísimo y quiero llenar de orgullos.

A mis amados hermanos y primos: Arely, Elixania, Melvita, Juan Eliel, Junior Ivan, Yudibeyling, Jorling y Brayner Yesneber, Oneyda, Ulises y Elda. Los mayores son mi ejemplo, y los menores son mi inspiración para ser ejemplo para ellos.

A mis sobrinitos: Rudy Ulises, Eduardo José, Beyling Naomi, Belking Xiomara y Frania Oscarina, los angelitos que alegran mi vida y cuya inocencia hacen menos evidentes las adversidades.

Marlen Martínez

AGRADECIMIENTOS

El poder realizar este logro tan importante en mi vida se lo debo primeramente a Dios que me ha bendecido tanto en la vida, prestándome una familia maravillosa de la cual siento mucho orgullo. Te agradezco tanto el ser una hija muy querida por ti.

Le agradezco a mi mama, Martha Lissette Lugo Díaz, por haberme sacado adelante sola en mis estudios, trabajando muy duro para poder regalarme esta única y verdadera herencia que un padre puede dar a sus hijos. Gracias por apoyarme siempre, desde el primer día que pise la universidad como hasta el día de hoy.

A mi mitita, Paula Ramona Díaz de Lugo (qepd), que me enseñó lo que es ser una mujer con principios y valores.

A mis abuelitos, Alicia del Socorro Henríquez (qepd) y Francisco López Alvarado (qepd), por haber sido parte de mi vida. Siempre los voy amar.

A mis tías más preciadas, María Auxiliadora Lugo Díaz y Lissette López Henríquez, que siempre están ahí para apoyarme en todo.

Le agradezco a mi hermano Francesco Leónidas López Lugo, por amarme tanto, y a pesar de pelearnos solo los dos sabemos cuánto nos queremos.

Gracias a mis tías Paola Gabriela Lugo Díaz y Odalys del Carmen Lugo Díaz, por quererme y estar siempre conmigo.

A mi primer gran amor, Oswaldo Ramón Balmaceda, por amarme tanto y tenerme paciencia en mis momentos críticos, gracias también por ayudarme en mis estudios.

Gracias a prima Hercilia por su apoyo y por quererme tanto como una hermana.

Gracias a mi padre Francisco Alberto López Henríquez porque a pesar de nuestras diferencias sé que me tiene un aprecio especial

Frafy López

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a dos personas que son muy importantes en mi vida; a ti mamá que te amo tanto y que te debo este gran logro, y a mi tía chilito, que desde que nací me ha visto como una hija y yo, como una madre.

De manera muy especial le dedico esta monografía a la persona que más he amado en la vida, a mi mita, mi abuela Paula Ramona Díaz de Lugo (qepd). Hace un año que me dejaste y para mí el mundo se venía abajo, pero al irte me dejaste rodeada de muchas personas que me han ayudado a sobre llevar tu pérdida. Pero quiero que sepas que nadie podrá ocupar tu lugar en mi corazón. Sé que estas muy orgullosa de mi por este gran logro, como siempre lo has estado, para usted yo era una nieta perfecta, siempre hablando bien de mi ante cualquier persona.

Desde el lugar más lindo del mundo en el que se encuentra, yo sé que me cuida y me guía, y es hasta ahí que quiero que llegue esta dedicatoria.

“Mitita, fue un placer haber sido tu nieta”

Frahy López

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINAS
INTRODUCCIÓN _____	1
RESUMEN CAPITULAR _____	3
CAPITULO PRIMERO	
ANTEPROYECTO	
1.1. Antecedentes _____	7
1.2. Planteamiento del Problema _____	8
1.3. Justificación _____	9
1.4. Limitantes _____	10
1.5. Objetivos _____	11
1.5.1. Objetivo General _____	11
1.5.2. Objetivos Específicos _____	11
1.6. Diseño Metodológico _____	12
1.6.1. Tipo de Investigación _____	12
1.6.2. Tiempo de Ejecución _____	12
1.6.3. Universo _____	12
1.6.4. Muestra _____	12
CAPITULO SEGUNDO	
MARCO TEORICO	
2.1 Marco Normativo _____	14
2.1.1. Normas Técnicas _____	15
2.1.1.1. Sociedad Americana para el Ensaye de Materiales _____	15
2.1.1.2. Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte _____	15
2.1.1.3. Especificaciones Técnicas de Materiales para Carretera _____	16
2.1.1.4. Normas Técnica para el Aprovechamiento de Bancos de Materiales para la Construcción _____	18

2.2. Marco Conceptual	21
2.2.1. Recopilación de Información	21
2.2.2. Levantamiento Topográfico	21
2.2.2.1. Procesamiento de la información.	24
2.2.2.2. Procedimiento Topográfico Realizado.	24
2.2.2.3. Vida Útil	24
2.2.3. Características de los Suelos	25
2.2.3.1. Características Físicas	25
2.2.3.2. Características Mecánicas	27
2.2.4. Clasificación de Suelos	27
2.2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	28
2.2.4.2. Clasificación de la Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte	29
2.2.5. Pruebas de Laboratorio	30
2.2.5.1. Cuarteo Manual	30
2.2.5.2. Análisis Granulométrico de los Suelos, Método Mecánico	31
2.2.5.2. Pesos Volumétricos o Pesos Unitarios	34
2.2.5.3. Gravedad Específica	37
2.2.5.4. Límites de Atterberg	40
2.2.5.5. Ensaye "Proctor Estándar"	44
2.2.5.6. Relación de Carga California (CBR)	48
2.2.5.7. Determinación del Contenido de Humedad	52
2.2.5.8. Fórmulas a Utilizar	53
2.2.6. Diseño de Pavimentos	58
2.2.6.1. Consideraciones Generales de Pavimentos	58
2.2.6.2. Estructura de pavimento	59
2.2.7. Generalidades de los Bancos de Materiales	60

CAPITULO TERCERO

MUESTREO DE BANCOS DE MATERIALES

3.1. Localización de Bancos de Material	63
3.2. Muestreo de Bancos de Material	64
3.3. Bitácora para la codificación de muestras	65

CAPITULO CUARTO

ESTUDIO TOPOGRAFICO

4.1. Banco de Material Belmont	75
4.1.1. Levantamiento Topográfico	75
4.1.2. Volumen Útil	77

4.1.3.	Vida Útil _____	77
4.2.	Banco de Material Rosario Norte _____	78
4.2.1.	Levantamiento Topográfico _____	78
4.2.2.	Volumen Útil _____	80
4.2.3.	Vida Útil _____	80
4.3.	Banco de material Cori. _____	81
4.3.1.	Levantamiento Topográfico _____	81
4.3.2.	Volumen Útil _____	83
4.3.3.	Vida Útil _____	83

CAPITULO QUINTO

ESTUDIOS DE LA LABORATORIOS

5.1.	Banco de Material Belmont. _____	86
5.2.	Banco de Material el Rosario Norte. _____	99
5.3.	Banco de Material Cori. _____	113

CAPITULO SEXTO

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

6.1.	Banco de Material Belmont _____	128
6.1.1.	Comparación de la Normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios	128
6.1.2.	Interpretación de Resultados _____	130
6.2.	Banco de Material Rosario Norte _____	132
6.2.1.	Comparación de la normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios	132
6.2.2.	Interpretación de Resultados _____	134
6.3.	Banco de Material Cori _____	136
6.3.1.	Comparación de la Normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios	136
6.3.2.	Interpretación de Resultados _____	138

CAPITULO SEPTIMO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	Conclusiones _____	141
7.2.	Recomendaciones _____	144
7.2.1.	Recomendaciones Específicas _____	144
7.2.2.	Recomendaciones Generales _____	145

BIBLIOGRAFIA	146
GLOSARIO	147
ANEXOS	150
Anexo I. Clasificación de suelos	150
1.1. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)	150
1.2. Clasificación de suelos AASHTO	151
Anexo II. Bancos de materiales	153
2.1. Banco de Material Belmont	153
2.2. Banco de Material Rosario Norte	155
Anexo III. Estabilización química con cemento	156
3.1. Relación de carga California, C.B.R, Banco de material Rosario Norte	156
3.2. Relación de carga California, C.B.R., Banco de material Cori	160

ÍNDICE DE TABLAS

tabla 2.1. clasificación para estructura de pavimentos.	16
tabla 2.2. material para base, granulometría'	17
tabla 2.3. material para base, plasticidad y resistencia mecánica	17
tabla 2.4. material para revestimiento de camino, granulometría.	17
tabla 2.5. material para revestimiento de camino. limite plástico	17
tabla 2.6. material para sub-base. granulometría.	17
tabla 2.7. material para sub-base. limite plástico y resistencia mecánica.	17
tabla 2.8. clasificación de la sub-rasante.	17
tabla 2.9. coeficientes de abundamiento y enjuntamiento	17
tabla 2.10. designación y significado de sistema s.u.c.s.....	29
tabla 2.11. tamaño de abertura de tamices	32
tabla 2.12. densidad de suelos.....	38
tabla 2.13. descripción de ensayos próctor estándar para compactación.....	46
tabla 2.14. valores de carga unitaria patrón que deben utilizarse en la ecuación para el cálculo del cbr.....	48
tabla 2.15. comportamiento del %de hinchamiento vs % de c.b.r.	49
tabla 3.1. informe de los sondeos realizados en el banco de material belmont.	66
tabla 3.2. informe de los sondeos realizados en el banco de material rosario norte.	69
tabla 3.3. informe de los sondeos realizados en el banco de material cori.	72
tabla 5.1. composición granulométrica del material retenido en el tamiz no 4. banco belmont.....	87
tabla no.5.2. composición granulométrica del material que pasa el tamiz no 4. banco belmont.....	87
tabla 5.3. ensaye de peso volumétrico seco suelto. banco belmont.	88
tabla 5.4. ensaye de peso volumétrico seco compacto. banco belmont.....	89
tabla 5.5. ensaye de densidad y absorción de arenas. banco belmont.....	89

Tabla 5.6. ensaye de próctor estándar, compactación de la muestra. banco belmont.	90
Tabla 5.7. ensaye de próctor estándar, contenido de agua de la muestra compactada. banco belmont.	90
Tabla 5.8. ensaye valor relativo de soporte, cbr. banco belmont.	91
Tabla 5.9. ensaye valor relativo soporte, grado de compactación banco belmont.	92
Tabla 5.10. ensaye valor relativo soporte, hinchamiento. banco belmont.	92
Tabla 5.11. ensaye valor relativo soporte, carga en kg. banco belmont.	93
Tabla 5.12. valor relativo soporte, resistencia a la penetración. banco belmont. .	94
Tabla 5.13. ensaye de valor relativo soporte, % de cbr obtenidos. banco belmont.	95
Tabla 5.14. ensaye de contenido de humedad. banco belmont.	96
Tabla 5.15. informe de resultados de los laboratorios de suelo para el banco de material belmont.	98
Tabla 5.16. composición granulométrica del material retenido en el tamiz no 4. banco rosario norte.	100
Tabla 5.17. composición granulométrica del material que pasa el tamiz no 4. banco rosario norte.	100
Tabla 5.18. ensaye de peso volumétrico seco suelto. banco rosario norte.	101
Tabla 5.19. ensaye de peso volumétrico seco compacto. banco rosario norte. .	102
Tabla no.5.20. ensaye de densidad y absorción de arenas. banco rosario norte.	102
Tabla 5.21. ensaye de próctor estándar, compactación de la muestra. banco rosario norte.	103
Tabla 5.22. ensaye de próctor estándar, contenido de agua de la muestra compactada. banco rosario norte.	103
Tabla 5.23. ensaye valor relativo de soporte, cbr. banco rosario norte.	104
Tabla 5.24. ensaye valor relativo soporte, grado de compactación banco rosario norte.	105
Tabla 5.25. ensaye valor relativo soporte, hinchamiento. banco rosario norte...	105
Tabla 5.26.tabla 5.31.ensaye valor relativo soporte, carga en kg.banco rosario norte.	106

Tabla 5.27. valor relativo soporte, resistencia a la penetración. banco rosario norte.	107
Tabla 5.28. ensaye de valor relativo soporte, % de cbr corregidos obtenidos. banco rosario norte.....	109
Tabla 5.29. ensaye de contenido de humedad. banco rosario norte.	110
Tabla 5.30. informe de resultados de los laboratorios de suelo para el banco de material rosario norte.	112
Tabla 5.31. composición granulométrica del material retenido en el tamiz no 4. banco cori.	114
Tabla 5.32. composición granulométrica del material que pasa el tamiz no 4. banco cori.	114
Tabla 5.33. ensaye de peso volumétrico seco suelto. banco cori.	115
Tabla 5.34. ensaye de peso volumétrico seco compacto. banco cori.	116
Tabla 5.35. ensaye de densidad y absorción de arenas. banco cori.	116
Tabla 5.36. ensaye de próctor estándar, compactación de la muestra. banco cori.	117
Tabla no.5.37. .ensaye de próctor estándar, contenido de agua de la muestra compactada. banco cori.	117
Tabla 5.38. ensaye valor relativo de soporte, cbr. banco cori.....	118
Tabla 5.39. ensaye valor relativo soporte, grado de compactación. banco cori.	119
Tabla 5.40. ensaye valor relativo soporte, hinchamiento. banco cori.	119
Tabla 5.41. ensaye valor relativo soporte, carga en kg. banco cori.....	120
Tabla 5.42. valor relativo soporte, resistencia a la penetración. banco cori.....	121
Tabla 5.43 ensaye de valor relativo soporte, % de cbr obtenidos. banco cori. ...	123
Tabla 5.44. ensaye de contenido de humedad. banco cori.	124
Tabla 5.45. informe de resultados de los laboratorios de suelo para el banco de material cori.....	126
Tabla 6.1. comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material belmont.....	129
Tabla 6.2. comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material rosario norte.....	133
Tabla 6.3. comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material cori.	137

ÍNDICE DE GRÁFICOS

grafica 5.1. Curva granulométrica del comportamiento del material del banco belmont.	88
gráfico 5.2. Peso volumétrico vs humedad. banco belmont.	91
grafico 5.3. Comparación de carga vs penetración. banco belmont.	94
grafico 5.4. Diagrama de cbr, esfuerzo vs penetración. banco belmont.	95
grafica 5.5. Curva granulométrica del comportamiento del material del banco rosario norte.	101
gráfico 5.6. Peso volumétrico vs humedad. banco rosario norte.	104
grafico 5.7. Comparación de carga vs penetración banco rosario norte.	107
grafico 5.8. Diagrama de cbr, esfuerzo vs penetración. sin corregir. banco rosario norte	108
grafico 5.9. Diagrama de corrección para 56 golpes. banco rosario norte	108
grafica 5.10. Curva granulométrica del comportamiento del material del banco cori.	115
gráfico 5.11. Peso volumétrico vs humedad. banco cori.	118
grafico 5.12. Comparación de carga vs penetración banco cori.	121
grafico 5.13. Diagrama de cbr, esfuerzo vs penetración. sin corregir. banco cori.	122
grafico 5.14. Diagrama de corrección para 56 golpes. banco cori.	122

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de macro localización del municipio de Rivas.	2
Figura 2. Mapa de micro localización del municipio de Rivas.	2
Figura 2.1. Análisis Granulométrico.	33
Figura 2.2. Análisis Granulométrico.	33
Figura 2.3. Ensaye de Pesos Volumétricos, Caída del Material.	36
Figura 2.4. Ensaye de Pesos Volumétricos, Enrasado del Material.	36
Figura 2.5. Ensaye de Pesos Volumétricos, Determinación del Peso de Material Compactado.	37
Figura 2.6. Ensaye de Gravedad Específica, Peso del Frasco con Agua.	39
Figura 2.7. Ensaye de Gravedad Específica, Expulsión del Aire.	39
Figura 2.8. Ensaye de Límites de Consistencia, Límite Plástico.	43
Figura 2.9. Ensaye de Límites de Consistencia, Límite Líquido.	43
Figura 2.10. Ensaye de Límites de Consistencia, Muestras Para el Ensaye.	44
Figura 2.11. Ensaye de Límites de Consistencia, Muestras y Copa Casagrande.	44
Figura 2.12. Ensaye de Próctor Estándar, Compactación del Material.	47
Figura 2.13. Ensaye de CBR, Colocación del Material.	51
Figura 2.14. Ensaye de CBR, Aplicación de Carga al Suelo.	51
Figura 2.15. Ensaye de CBR, Saturación de la Muestra por 96 Horas.	51
Figura 2.16. Material Lavado por la Malla Número 200.	52
Figura 2.17. Proceso de Secado de la Muestra Húmeda.	52
Figura 2.18. Determinación del Secado del Material por Medio de un Trozo de Vidrio.	53
Figura 2.19. Cálculo del Peso de Muestra Seca.	53
Figura. 3.1. Croquis de ubicación de Banco de Material Belmont.	67
Figura. 3.2. Croquis de ubicación de Banco de Material Rosario Norte.	70
Figura. 3.3. Croquis de ubicación de Banco de Material Cori.	73
Figura. 4.1 Delimitación del Área Correspondiente al Banco de Material Belmont.	75
Figura. 4.2 Plano Topográfico de Banco de Material Belmont.	76

Figura. 4.3 Delimitación del área correspondiente al banco de material Rosario Norte.....	78
Figura. 4.4 Plano Topográfico de Banco de Material Rosario Norte.....	79
Figura. 4.5 Delimitación del área correspondiente al banco de material Cori.	81
Figura. 4.6 Plano Topográfico de Banco de Material Cori.	82
Fig. 5.1 Ubicación de banco de material Belmont.....	86
Fig. 5.2 Ubicación de banco de material Rosario Norte.....	99
Fig. 5.3 Ubicación de banco de material Cori.	113

ABREVIATURAS

A.A.S.H.T.O.: Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte.

A.S.T.M.: Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales.

C.B.R.: Relación de Carga California.

MARENA: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

MEM: Ministerio de Energía y Minas.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura

N.P: No Plástico.

S.U.C.S.: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINAS
INTRODUCCIÓN _____	1
RESUMEN CAPITULAR _____	3
CAPITULO PRIMERO	
ANTEPROYECTO	
1.1. Antecedentes _____	7
1.2. Planteamiento del Problema _____	8
1.3. Justificación _____	9
1.4. Limitantes _____	10
1.5. Objetivos _____	11
1.5.1. Objetivo General _____	11
1.5.2. Objetivos Específicos _____	11
1.6. Diseño Metodológico _____	12
1.6.1. Tipo de Investigación _____	12
1.6.2. Tiempo de Ejecución _____	12
1.6.3. Universo _____	12
1.6.4. Muestra _____	12
CAPITULO SEGUNDO	
MARCO TEORICO	
2.1 Marco Normativo _____	14
2.1.1. Normas Técnicas _____	15
2.1.1.1. Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales _____	15
2.1.1.2. Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte _____	15
2.1.1.3. Especificaciones Técnicas de Materiales para Carretera _____	16
2.1.1.4. Normas Técnica para el Aprovechamiento de Bancos de Materiales para la Construcción _____	18

2.2. Marco Conceptual	21
2.2.1. Recopilación de Información	21
2.2.2. Levantamiento Topográfico	21
2.2.2.1. Procesamiento de la información.	24
2.2.2.2. Procedimiento Topográfico Realizado.	24
2.2.2.3. Vida Útil	24
2.2.3. Características de los Suelos	25
2.2.3.1. Características Físicas	25
2.2.3.2. Características Mecánicas	27
2.2.4. Clasificación de Suelos	27
2.2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	28
2.2.4.2. Clasificación de la Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte	29
2.2.5. Pruebas de Laboratorio	30
2.2.5.1. Cuarteo Manual	30
2.2.5.2. Análisis Granulométrico de los Suelos, Método Mecánico	31
2.2.5.2. Pesos Volumétricos o Pesos Unitarios	34
2.2.5.3. Gravedad Específica	37
2.2.5.4. Límites de Atterberg	40
2.2.5.5. Ensaye "Proctor Estándar"	44
2.2.5.6. Relación de Carga California (CBR)	48
2.2.5.7. Determinación del Contenido de Humedad	52
2.2.5.8. Fórmulas a Utilizar	53
2.2.6. Diseño de Pavimentos	58
2.2.6.1. Consideraciones Generales de Pavimentos	58
2.2.6.2. Estructura de pavimento	59
2.2.7. Generalidades de los Bancos de Materiales	60

CAPITULO TERCERO

MUESTREO DE BANCOS DE MATERIALES

3.1. Localización de Bancos de Material	63
3.2. Muestreo de Bancos de Material	64
3.3. Bitácora para la codificación de muestras	65

CAPITULO CUARTO

ESTUDIO TOPOGRAFICO

4.1. Banco de Material Belmont	75
4.1.1. Levantamiento Topográfico	75
4.1.2. Volumen Útil	77

4.1.3.	Vida Útil _____	77
4.2.	Banco de Material Rosario Norte _____	78
4.2.1.	Levantamiento Topográfico _____	78
4.2.2.	Volumen Útil _____	80
4.2.3.	Vida Útil _____	80
4.3.	Banco de material Cori. _____	81
4.3.1.	Levantamiento Topográfico _____	81
4.3.2.	Volumen Útil _____	83
4.3.3.	Vida Útil _____	83

CAPITULO QUINTO

ESTUDIOS DE LA LABORATORIOS

5.1.	Banco de Material Belmont. _____	86
5.2.	Banco de Material el Rosario Norte. _____	99
5.3.	Banco de Material Cori. _____	113

CAPITULO SEXTO

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

6.1.	Banco de Material Belmont _____	128
6.1.1.	Comparación de la Normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios	128
6.1.2.	Interpretación de Resultados _____	130
6.2.	Banco de Material Rosario Norte _____	132
6.2.1.	Comparación de la normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios	132
6.2.2.	Interpretación de Resultados _____	134
6.3.	Banco de Material Cori _____	136
6.3.1.	Comparación de la Normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios	136
6.3.2.	Interpretación de Resultados _____	138

CAPITULO SEPTIMO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	Conclusiones _____	141
7.2.	Recomendaciones _____	144
7.2.1.	Recomendaciones Específicas _____	144
7.2.2.	Recomendaciones Generales _____	145

BIBLIOGRAFIA _____ **146**

GLOSARIO _____ **147**

ANEXOS _____ **150**

Anexo I. Clasificación de suelos _____ **150**

1.1. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) _____ **150**

1.2. Clasificación de suelos AASHTO _____ **151**

Anexo II. Bancos de materiales _____ **153**

2.1. Banco de Material Belmont _____ **153**

2.2. Banco de Material Rosario Norte _____ **155**

Anexo III. Estabilización química con cemento _____ **156**

3.1. Relación de carga California, C.B.R, Banco de material Rosario Norte _____ **156**

3.2. Relación de carga California, C.B.R., Banco de material Cori _____ **160**

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro creador por concedernos el don de la vida, la sabiduría, la fuerza y la valentía para alcanzar esa meta común llamada carrera universitaria que hace cinco años emprendimos con mucho amor y entusiasmo.

A nuestro tutor el Ing. Héctor Pauth y a nuestro asesor el Ing. Oswaldo Balmaceda, por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo monográfico, especialmente por su disposición y sus acertadas orientaciones al momento de tomar decisiones trascendentales, por compartir con nosotras sus conocimientos y experiencia la cual respetamos mucho.

A nuestros maestros de la carrera por ser ellos los encargados de nuestra preparación profesional.

AIDISA (ingenieros, desarrollo e inversiones S.A), de manera especial al ingeniero Rodolfo Bermúdez gerente general de la empresa por permitirnos realizar los ensayos de nuestro estudio en sus laboratorios de materiales y suelos y al personal del laboratorio por su excelente ayuda.

ADYSCONCSA (diseño y supervisión, control de calidad S.A), particularmente al ingeniero Juan Carlos Reyes y al ingeniero Moisés García Dávila; y a todo el personal por su contribución en los estudios de suelos realizados en su laboratorio.

Al ingeniero Ernesto Barrios Mejía, director de proyectos y obras públicas de la alcaldía del municipio de Rivas, por su colaboración.

Al señor Pedro Quintanilla, a la señora Erika Meléndez y al señor José Baldelomar; propietarios del banco el Rosario Norte, banco Cori y banco Belmont respectivamente, por su ayuda.

Las Autoras

AGRADECIMIENTOS

A Dios; el dueño de mi vida; aquel en quien he depositado toda mi confianza para lograr mis metas; por su inmensa bondad y misericordia; porque aunque muchas veces le he fallado él siempre me ha colmado de infinitas bendiciones; él es el único que todo lo sabe, todo lo puede, y sin embargo no me reprocha cuando las cosas me salen mal o cuando me equivoco, más bien me regala fuerzas y me ayuda a continuar. A quien le debo todo lo que soy y lo que tengo.

A mi amada mama Xiomara Valdivia castillo, por su desmedido amor, por ser mi soporte, mi guía, mi modelo a seguir, mi inspiración, por ser la persona que más confía en mí, por sus consejos y por sus reprensiones, por sus oraciones, por inculcarme los valores que me condujeron hacia mi objetivo, por celebrar mis triunfos y ayudarme a superar mis fracasos. No sé si es la mejor madre del mundo solo sé que no concibo mi vida sin ella.

A mi amado papa Juan Martínez Luquez, por su amor, por consentirme y al mismo tiempo ser estricto, por enseñarme el verdadero significado de la independencia, por ser mi orgullo, por trabajar tanto para que mis hermanos y yo tengamos lo que necesitamos, por protegerme, por ser el abrazo que me hace sentir segura. Es una bendición que seas mi padre.

A mis maestros Ing. Juan Ramón García, Ing. Ernesto Cuadra, Ing. Wilber Pérez Flores, Ing. Freddy Sánchez, Ing. Adolfo Cordero Andrade, Ing. Evert López, Ing. Víctor Tirado Picado, Ing. Bayardo Altamirano, Ing. Edwin Obando, Ing. Keyling Blandón, Ing. Raúl Madrigal e Ing. Ervin Cabrera; por contribuir a mi formación profesional.

A mis maestros de primaria por la paciencia de enseñarme mis primeras letras y conocimientos, de secundaria por encargarse de mi educación media que es tan fundamental; de manera muy especial a la Lic. Miriam Jarquín Ordoñez y a la Lic. Juanita Blandón por su gran cariño.

A mi tío José Benito Valdivia castillo, a su esposa Margarita Martínez de Valdivia, y a sus hijas que son como hermanas para mí: Karen, Esmeralda y Guisela, por abrirme las puertas de su casa y de su corazón, por hacerme sentir parte de su hermosa familia y por su gran apoyo.

A mis abuelitos: Juan Martínez Roque y Natalia Luquez Escorcía, Por su cariño.

A mi entrañable amiga Fraly Nazareth López Lugo; por ser mi compañera de clases, de tantas noches intensas de estudios, compañera de muchas experiencias enriquecedoras como la de este trabajo monográfico en el cual he encontrado mucha satisfacción. Por tantos momentos lindos que hemos disfrutado y tantos difíciles a los cuales nos hemos sobrepuesto juntas.

A mis tíos; socorro Valdivia de Mendoza y Rafael Mendoza Ruiz, Rosario Valdivia de Herrera y Félix Pedro Herrera, José Cristino Valdivia Castillo y Miriam Herrera de Valdivia, Julio Cesar Meneses Valdivia y Maira Azucena Silva de Meneses, José David Valdivia Castillo y Rutilia Castillo; Por su cariño y oraciones.

A Alfonso José Lacayo Rivera, por su amor, su apoyo y sobre todo por su comprensión.

A don José Reynaldo Martínez Pravia y a doña Petronila González de Martínez, por su apoyo y cariño.

A mi madrina: Reyna Alcántara Loaisiga; por su amor.

A la familia Gómez Rivera, por su cariño.

A la familia Guido Barrera por su cariño, por estar pendientes de mí y por tenerme presente en sus oraciones.

A la señora Irma Blandón Arancibia, por su cariño y sus consejos.

Por último y no menos importante agradezco a amigos, compañeros de primaria, de secundaria y de la universidad que han estado presentes en mi vida y con quienes he compartido momentos agradables y otros no tan agradables; especialmente a :Katerin Vanesa Ledesma, Marling Ivania Meneses, Catherine María Calderón, Saúl Antonio

Cardoza, Eddy Martínez Villatoro, María Elsa Zuniga, Darwin Leonel Chavarría, Juan Carlos Calero, José Nelson Monzón, Raziel Medina, Laura Tatiana Avilés, María Emilse Gaitán, Vanesa Orozco Centeno, Ericka Miranda Trujillo, Keyling Rizo Martínez, Job José Olivas, Dixon Daniel Cordero, y Elvin Emileth Arauz Arancibia.

Marlen Martínez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera muy especial:

A Dios; el padre de la ciencia y de la sabiduría, el enmendador de los sabios.

A mis padres: Juan Martínez Luquez y Xiomara Valdivia Castillo, los dos seres más importantes en mi vida, a quienes amo muchísimo y quiero llenar de orgullos.

A mis amados hermanos y primos: Arely, Elixania, Melvita, Juan Eliel, Junior Ivan, Yudibeyling, Jorling y Brayner Yesneber, Oneyda, Ulises y Elda. Los mayores son mi ejemplo, y los menores son mi inspiración para ser ejemplo para ellos.

A mis sobrinitos: Rudy Ulises, Eduardo José, Beyling Naomi, Belking Xiomara y Frania Oscarina, los angelitos que alegran mi vida y cuya inocencia hacen menos evidentes las adversidades.

Marlen Martínez

AGRADECIMIENTOS

El poder realizar este logro tan importante en mi vida se lo debo primeramente a Dios que me ha bendecido tanto en la vida, prestándome una familia maravillosa de la cual siento mucho orgullo. Te agradezco tanto el ser una hija muy querida por ti.

Le agradezco a mi mama, Martha Lissette Lugo Díaz, por haberme sacado adelante sola en mis estudios, trabajando muy duro para poder regalarme esta única y verdadera herencia que un padre puede dar a sus hijos. Gracias por apoyarme siempre, desde el primer día que pise la universidad como hasta el día de hoy.

A mi mitita, Paula Ramona Díaz de Lugo (qepd), que me enseñó lo que es ser una mujer con principios y valores.

A mis abuelitos, Alicia del Socorro Henríquez (qepd) y Francisco López Alvarado (qepd), por haber sido parte de mi vida. Siempre los voy amar.

A mis tías más preciadas, María Auxiliadora Lugo Díaz y Lissette López Henríquez, que siempre están ahí para apoyarme en todo.

Le agradezco a mi hermano Francesco Leónidas López Lugo, por amarme tanto, y a pesar de pelearnos solo los dos sabemos cuánto nos queremos.

Gracias a mis tías Paola Gabriela Lugo Díaz y Odalys del Carmen Lugo Díaz, por quererme y estar siempre conmigo.

A mi primer gran amor, Oswaldo Ramón Balmaceda, por amarme tanto y tenerme paciencia en mis momentos críticos, gracias también por ayudarme en mis estudios.

Gracias a prima Hercilia por su apoyo y por quererme tanto como una hermana.

Gracias a mi padre Francisco Alberto López Henríquez porque a pesar de nuestras diferencias sé que me tiene un aprecio especial

Frahy López

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a dos personas que son muy importantes en mi vida; a ti mamá que te amo tanto y que te debo este gran logro, y a mi tía chilito, que desde que nací me ha visto como una hija y yo, como una madre.

De manera muy especial le dedico esta monografía a la persona que más he amado en la vida, a mi mita, mi abuela Paula Ramona Díaz de Lugo (qepd). Hace un año que me dejaste y para mí el mundo se venía abajo, pero al irte me dejaste rodeada de muchas personas que me han ayudado a sobre llevar tu pérdida. Pero quiero que sepas que nadie podrá ocupar tu lugar en mi corazón. Sé que estas muy orgullosa de mi por este gran logro, como siempre lo has estado, para usted yo era una nieta perfecta, siempre hablando bien de mi ante cualquier persona.

Desde el lugar más lindo del mundo en el que se encuentra, yo sé que me cuida y me guía, y es hasta ahí que quiero que llegue esta dedicatoria.

“Mitita, fue un placer haber sido tu nieta”

Frahy López

ABREVIATURAS

A.A.S.H.T.O.: Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte.

A.S.T.M.: Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales.

C.B.R.: Relación de Carga California.

MARENA: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

MEM: Ministerio de Energía y Minas.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura

N.P: No Plástico.

S.U.C.S.: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país que se encuentra en constante desarrollo en cuanto a construcciones de obras civiles y particularmente las obras viales, pero el deterioro de las mismas se ha reflejado en los últimos años; debido entre otros factores a no tomar en cuenta la capacidad del pavimento para soportar las cargas esperadas, la mala calidad de los bancos de materiales utilizados, falta de mantenimiento, malos diseños de mezcla asfáltica y falta de supervisión durante el proceso constructivo. Las obras viales, así como todas las estructuras de ingeniería civil, se encuentran cimentadas sobre la superficie del terreno natural, por lo cual las capas de pavimento deberán de estar conformadas por materiales que cumplan con los estándares de calidad que rigen el funcionamiento de una buena estructura.

El municipio de Rivas está situado en el sur de Nicaragua a 110 km de la ciudad de Managua. Se encuentra localizado entre las coordenadas 11°26' latitud norte y 85°49' longitud oeste a una altura de 57.77m.s.n.m, sus límites son:

Al norte: Con los municipios de Potosí, Buenos Aires y Belén.

Al sur: Con los municipios de San Juan del Sur y Cárdenas.

Al este: Con los municipios de San Jorge y Lago de Nicaragua.

Al oeste: Con los municipios de Tola y San Juan del Sur

En esta zona al igual que en el resto del país existen bancos de materiales para la construcción, pero la mayoría carecen de una normalización e incluso algunos son ilegales, esto porque ninguna institución a fin cumple con la responsabilidad de realizar una investigación técnica y detallada de las características y parámetros que debe de alcanzar un banco para explotarlo al ejecutar una obra. Con el objetivo de contribuir a desarrollar estudios sobre los bancos de materiales, se realizará esta investigación tomando como punto de partida que la alcaldía municipal no muestra interés en

asegurarse de que los bancos que se están aprovechando para ejecutar sus proyectos cumplan con los requerimientos necesarios para tal efecto.

Se desarrollará el presente tema denominado “Análisis de la calidad de los bancos de material utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa sub-base y base de la carpeta de rodamiento”. Este trabajo tiene como objetivo realizar un estudio sobre el aprovechamiento de los bancos de material del municipio, evaluando la calidad de los mismos para su utilización en la construcción de estructuras de pavimentos mediante la aplicación de pruebas de laboratorio que permitirán determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Los bancos de materiales en estudio se mencionan a continuación:

- Banco de material Belmont
- Banco de material Cori
- Banco de material El Rosario Norte

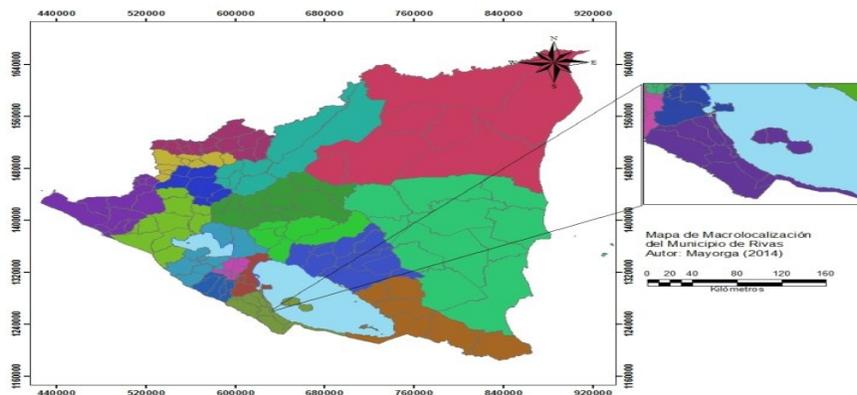


Figura 1. Mapa de macro localización del municipio de Rivas
Fuente: Ing. Héctor Mayorga Pauth



Figura 2. Mapa de micro localización del municipio de Rivas
Fuente: Ing. Héctor Mayorga Pauth

RESUMEN CAPITULAR

CAPITULO PRIMERO

ANTEPROYECTO

El anteproyecto encierra todo el estudio que se realizó para conocer detalladamente la situación problemática que enfrenta la alcaldía del municipio de Rivas acerca de la necesidad de conocer un estudio de los bancos de materiales utilizados en la construcción de carreteras. Así mismo, en este capítulo se establecen aspectos importantes sobre la naturaleza del estudio que se realizó, metodología, los objetivos establecidos para la investigación y limitantes presentadas.

CAPITULO SEGUNDO

MARCO TEORICO

En este capítulo se abordó dos aspectos importantes de toda investigación como lo es el Marco Normativo y el Marco Conceptual, el primero comprende la normativa legal existente sobre el tema tanto nacional como internacional, se analizó más detenidamente lo indicado en la ley de Normas técnicas para el aprovechamiento de los bancos de materiales de préstamos para la construcción, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos; Calles y Puentes, NIC-2000, y las Normas Técnicas que controlan la Construcción de Carreteras, las cuales se especifican a lo largo de este capítulo. El segundo aspecto encierra la bibliografía existente acerca de la Mecánica de los Suelos, aplicada a la construcción de carreteras.

CAPITULO TERCERO

MUESTREOS DE BANCOS DE MATERIAL

En este capítulo se detalló el procedimiento realizado para la extracción de las muestras de suelo de cada banco de material de acuerdo a los conceptos sobre las técnicas de muestreo. También se encuentra en este capítulo un mapa de croquis de ubicación de cada uno de ellos, con sus respectivas distancias en kilómetros para facilitar la ubicación de cada uno ellos. Además se realizó una bitácora en la que se encuentran los aspectos más importantes sobre la extracción del material a analizar como la textura y color del material, así mismo la profundidad de los sondeos realizados.

CAPITULO CUARTO

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

En este capítulo correspondiente al estudio topográfico se encuentra todo lo referente a la planimetría de los bancos de materiales realizados con un equipo GPS, para estimar la cantidad de material susceptible de explotarse en el banco, volumen útil, y a su vez la vida útil de este. Especificándose para cada uno de estos cálculos y el método que se utilizó. Cabe destacar que este estudio topográfico nos arroja datos, de volumen utilizable y vida útil, aproximados puesto que no se puede determinar con certeza estos datos con un levantamiento topográfico, para esto debe de implicar también estudios de laboratorio que nos indiquen los estratos de este banco que puedan ser explotables, información que es muy útil para determinar su volumen utilizable.

CAPITULO QUINTO

ESTUDIOS DE LABORATORIOS

En los estudios de laboratorios, se presentó los laboratorios y cálculos posteriores realizados en las muestras representativas de material analizadas para cada uno de los bancos, las que se extrajeron en su estado natural. Al final de cada banco de material se realizó una tabla resumen con los resultados de todos los laboratorios realizados para facilitar su análisis e interpretación en el capítulo siguiente.

CAPITULO SEXTO

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo primeramente se realizó una comparación de los resultados obtenidos en los laboratorios con la normativa y sus respectivas especificaciones, luego se analizaron los resultados de acuerdo a la comparación anterior, determinando de esta manera las condiciones en las cuales el suelo encontrado puede ser utilizado ya sea para la capa Sub-base y la capa Base para la conformación de la estructura de la carpeta de rodamiento, es decir, determinar si son óptimos en su estado natural o no.

CAPITULO SEXTO

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo representa la finalización de esta investigación y en él se comprueba el alcance de los objetivos trazados al inicio, se presentan los bancos de material en el municipio de Rivas que pueden ser utilizados para la construcción de la capa sub-base y base en la capa de rodamiento, y a su vez se hacen la recomendaciones en la cuales puede utilizarse el material.

CAPITULO PRIMERO

ANTEPROYECTO

1.1. Antecedentes

Los primeros Pavimentos en Nicaragua fueron fundamentalmente los tratamientos superficiales y sellos asfálticos, y los revestimientos con piedra triturada, material selecto y macadam, a partir de mediados de los años 90 se comienzan a utilizar las mezclas en frío y años más tarde el pavimento de adoquines. El aprovechamiento de bancos de materiales locales se ha manifestado y se sigue manifestando principalmente por razones ambientales y económicas sin tomar en cuenta sus características es decir sin que estos cumplan con los indicadores y especificaciones que determinan la calidad para su utilización en una obra civil ya sea esta vertical u horizontal; al encontrar debilidades visibles en los materiales extraídos en el mejor de los casos estos se someten a tratamientos para poder emplearlos.

En los últimos años en el municipio de Rivas en vista de que algunos proyectos son ejecutados por prestigiosas empresas constructoras nacionales e internacionales, son estas las que realizan estudios a los bancos de material, datos que desde luego no quedan disponibles a las instituciones afines. También se sabe que el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) analiza algunos bancos, previo a una construcción, efectuando solo las pruebas que sean necesarias para esa obra en particular y no se conservan datos debidamente registrados y sistematizados.

Actualmente el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y el Ministerio de Energía y Minas (MEM), están encargados de regular el aprovechamiento de los bancos de material, sin embargo, son muchos los que todavía se encuentran sin legalizar y que están siendo explotados como fuente de abastecimiento para proyectos de construcción. De los bancos que se encuentran en el municipio de Rivas solo se encuentra aprobado por el MARENA el Banco de Material “Eolo”, aprobado en el año 2012.

En cuanto a investigaciones anteriores se sabe que las universidades tanto públicas como privadas que imparten la carrera de Ingeniería Civil y las instituciones

correspondientes como el MARENA Y MEN carecen de estudios, documentos o archivos referentes a la calidad o caracterización de los bancos de material. Existen dos trabajos monográficos, uno realizado en el año 2004 en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y el otro realizado en el año 2011 en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), ambos enfocados en determinar las propiedades de materiales específicos de bancos de préstamo seleccionados, tal es el caso de la arcilla negra para el primero así como la escoria volcánica y el material selecto para el segundo.

1.2. Planteamiento del Problema

Los bancos de materiales utilizados en el municipio de Rivas carecen de estudios que garanticen su calidad al ser empleados en una obra civil, y es que esta manera tradicional de usarlos no ha sido suficiente para despertar el interés de este sector para certificar debidamente los bancos o promover e incentivar este tipo de estudios. En el uso de los bancos en estudio se ve ampliamente reflejada esta problemática pues la alcaldía del municipio desconoce las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que está explotando.

Por otro lado, el alto costo que implica realizar estos estudios repercute significativamente en que las empresas, instituciones e incluso los mismos propietarios de estos bancos de materiales no se cercioren de la utilidad que pueden tener en la obra. Por todas estas razones resulta interesante orientar este trabajo monográfico a analizar la calidad de los bancos de materiales utilizados en el municipio de Rivas para construcción de capa sub base y base de la carpeta de rodamiento, considerando que en este municipio el uso de materiales locales es evidente.

1.3. Justificación

La falta de conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados para la construcción de la capa sub-base y base de la carpeta de rodamiento ha sido y seguirá siendo una de las razones importantes por la cuales las estructuras fallen, aumenten los costos de construcción, se frecuenten problemas asociados a empujes, asentamientos y baja capacidad de soporte. Con el conocimiento del comportamiento y propiedades de los materiales procedentes de los bancos de préstamos todos estos problemas pudieran evitarse.

En el municipio de Rivas la infraestructura y de manera especial la construcción de carreteras pavimentadas ha ido en continuo progreso, y se sabe que para esto se utilizan materiales locales, por lo que genera un particular interés conocer la calidad los bancos de préstamo activos y posterior a conocer sus propiedades físicas y mecánicas evaluarlas en relación a los requerimientos para la construcción de base y sub-base de la carpeta de rodamiento. Rivas es además la cabecera departamental está rodeado por municipios cercanos que no cuentan con bancos de materiales y se abastecen de los que en la ciudad se encuentran.

Es evidente que en este municipio como en el resto del país es preciso regularizar la explotación de bancos de materiales disponiendo de datos referenciales de la calidad de los bancos que aquí se localizan y que de esta manera las compañías constructoras u otras instituciones puedan tener acceso a ellos al momento de tomar decisiones en cuanto a los materiales requeridos. Los estudios orientados a lograr lo antes expuesto son un significativo avance sobre todo en la construcción de carreteras ya que la vida útil de las mismas dependerá en gran medida de las características de los materiales, destacando que en este país los proyectos que más se realizan son los de infraestructura vial.

Con la debida investigación a estos bancos de material, se obtendrá información que proporcionará criterios para lograr cimentaciones seguras, confiables, económicas y duraderas, así como la reducción de probables asentamientos y estructuras ingenieriles

más estables; cabe destacar además, que este trabajo marcará la pauta para orientar futuras investigaciones en el departamento en relación a este tema.

1.4. Limitantes

Cuando se extrajeron las muestras de los diferentes bancos se hicieron dos sondeos y por cada sondeo se tomaron dos estratos, porque se pretendía realizar cada ensayo para las cuatro muestras del banco; de hecho el análisis granulométrico se hizo de esta manera en los laboratorios de suelo de nuestra universidad (UNAN-Managua), luego los demás ensayos se tuvieron que hacer en dos laboratorios privados, en el que se hicieron los primeros ensayos se les presentaba mucho trabajo y nos facilitó todos los equipos y su personal, pero con tiempo y recursos limitados. Por todos los inconvenientes antes señalados la investigación se limitó a los ensayos solo para una muestra por banco, esto se llevó a cabo mezclándola para homogeneizarla por medio del cuarteo manual.

Partiendo de esto, los demás laboratorios se realizaron como una sola muestra, así mismo se repitió el laboratorio de la granulometría. De esta forma el trabajo llevaría la misma secuencia y se presentaría de manera más ordenada,

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Analizar la calidad de los bancos de materiales utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de rodamiento.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información concerniente al aprovechamiento de los bancos de materiales en estudio.
- Estimar el volumen útil de cada banco de material por medio de un levantamiento topográfico con GPS.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales encontrados mediante los ensayos de laboratorio requeridos para tal efecto.
- Evaluar la calidad de los materiales para su utilización en la construcción de estructuras de pavimento partiendo de los resultados obtenidos el laboratorio y considerando las especificaciones técnicas y normas establecidas.

1.6. Diseño Metodológico

1.6.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptiva-experimental¹. Descriptiva porque caracteriza las propiedades físicas y mecánicas de los tres bancos en estudios y experimental porque se realizara un análisis para conocer el uso adecuado de estos materiales en la construcción de la capa sub-base y base de la carpeta de rodamiento, mediante los ensayos de laboratorios.

1.6.2. Tiempo de Ejecución

La investigación se desarrolló en un periodo de cinco meses que fueron distribuidos de esta forma: recopilación de información tres semanas, visita de campo a los banco de materiales en estudio una semana, recolección de muestras una semana, laboratorio de suelo cinco semanas, análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio dos semanas, levantamiento topográfico una semana, revisión del documento dos semanas. La investigación se inició el 27 de Junio de 2014.

1.6.3. Universo

El universo para determinar los materiales que cumplan satisfactoriamente como capa Sub-base y Base para la construcción de la superficie de rodamiento, será el estudio de suelo a los bancos de materiales para la construcción de estructuras de pavimento.

1.6.4. Muestra

La muestra será el material extraído por los bancos de préstamos en estudio. Por cada banco se extrajo cuatro muestras, dos muestras de la parte de arriba del banco y dos muestras de la parte de abajo.

¹Bernal C.A. Metodología de la investigación. 2da edición. México, Pearson Educación de México, S.A de C.V. Pag.112

CAPITULO SEGUNDO

MARCO TEORICO

2.1 Marco Normativo

En la ingeniería de la construcción se cuenta con un conjunto de especificaciones técnicas establecidas para normalizar la calidad de los materiales y la realización de los ensayos de laboratorio y determina su aplicación en la construcción de la obra. Para realizar correctamente un estudio de materiales, es indispensable, sin duda, conocer detalladamente los parámetros que lo orientan. En la búsqueda de regular la utilización de los materiales de construcción y no poner en riesgo la funcionalidad, se han creado normas internacionales que indican el procedimiento para realizar el análisis de suelos en el laboratorio.

Existen reglamentos y manuales regionales y nacionales que encaminan a planificar, construir, mejorar, mantener y fortalecer la red vial, reduciendo su vulnerabilidad ante los desastres naturales; tal es el caso de la ley Nicaragüense, ley No. 05021-2002, "Normas técnicas para el aprovechamiento de los bancos de materiales de préstamos para la construcción" y las "Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-200)", éste dedica un capítulo a las especificaciones de Calidad de los materiales y es usado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para construcción y rehabilitación de caminos, carreteras y puentes. También se tomó en cuenta el "Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos", el cual contribuye a construir mejores y más durables superficies de rodaduras de las carreteras desafiando las nuevas tecnologías, y hace especial énfasis en controlar las propiedades de los materiales.

Las dos últimas normativas mencionadas anteriormente son eficaces e importantes, pero en cuanto a la elaboración de ensayos de materiales, ambas se basan en los enunciados y disposiciones de dos normas internacionales: La ASTM y la AASHTO, cuyas especificaciones y procedimientos serán tomadas directamente para la realización de las pruebas de laboratorio en este estudio.

2.1.1. Normas Técnicas

2.1.1.1. Sociedad Americana para el Ensaye de Materiales (A.S.T.M.)

Creada en 1902. Esta asociación se fue ampliando y paso de tratar materiales ferroviarios, a tratar todos los tipos de materiales abarcando un espectro muy amplio incluyendo los revestimientos y los mismos procesos de tratamiento. La ASTM está entre los mayores contribuyentes técnicos y mantiene un sólido liderazgo en la definición de materiales y métodos de pruebas en la industria de la construcción y otras industrias. Las normas de ASTM son necesarias para poder unificar criterios ya que a través de ellas se tienen elementos de comparación.

Los ensayos que dicta la ASTM y que serán realizados en este estudio de suelo son los siguientes:

- ✓ Análisis Granulométrico de los suelos –Método Mecánico. (ASTM D 421-58 Y D 422-63).
- ✓ Pesos Volumétricos o Pesos Unitarios (ASTM D-698).
- ✓ Gravedad Específica (ASTM D-558 y D 854-58).
- ✓ Límites de Atterberg (ASTM 423-66 y D 424-59).
- ✓ Ensaye “Proctor Estándar” (ASTM D 698 y O 70).
- ✓ Relación de Carga California (CBR) (ASTM D-73).

2.1.1.2. Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte (A.A.S.H.T.O.)

Representa la asociación y los departamentos de transporte: aéreo, carreteras, transporte público, del ferrocarril y el agua. Su objetivo principal es fomentar el desarrollo, operación y mantenimiento de un sistema integrado de transporte. Las normas son emitidas para el diseño, la construcción de carreteras y puentes, los materiales y muchas otras técnicas. Este sistema fue utilizado inicialmente solo en Norteamérica y actualmente es tomado como referencia en el mundo.

Los ensayos que dicta la AASHTO que serán realizados en este estudio de suelos son los siguientes.

- ✓ Análisis Granulométrico de los suelos –Método Mecánico (AASHTO T 27-88, T 87-70 y T 88-70).
- ✓ Pesos Volumétricos o Pesos Unitarios (AASHTO T-99).
- ✓ Gravedad Específica (AASHTO T 93-86 y T 100-70).
- ✓ Límites de Atterberg (AASHTO T 89-68 y T 90-70)
- ✓ Ensaye “Proctor Estándar” (AASHTO T 99-90 y T 99-70).
- ✓ Relación de Carga California (CBR) (AASHTO T 193-63).

2.1.1.3. Especificaciones Técnicas de Materiales para Carretera

Los materiales deben ser aprobados según el uso que se le dará, y para esto existen especificaciones que estos deben cumplir para una finalidad determinada en la obra. A continuación se detallan los parámetros y requerimiento de los materiales.

a) Clasificación para estructuras de pavimento

CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			ASTM	AASHTO
0-3	Muy pobre	Sub.-rasante	OH,CH,MH,OL	A-5,A-6,A-7
3-7	Pobre a regular	Sub-rasante	OH,CH,MH,OL	A-4,A-5,A-6,A-7
7-20	Regular	Sub-base	OL,CL,ML,SC,SM,SP	A-2,A-4,A-6,A-7
20-50	Bueno	Base,sub-base	GM,GC,GW,SM,SP,GP	A-1-b,A-2-5,A-3,A-2-6
>50	excelente	Base	GW,GM	A-1-a,A-2-4,A-3

Tabla 2.1. Clasificación para estructura de pavimentos.

Fuente. Laboratorio Geotécnico. Centro peruano de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID)

a) Material para base

No. tamiz	% Q Pasa
2"	100
1"	75-95
3/8"	40-75
N ^o 4	30-60
N ^o 10	20-45
N ^o 40	15-30
N ^o 200	5-15

Tabla 2.2. Material para base.

Fuente. Especificaciones ASTM-D-1241.

L.L (%)	25 máximo
I.P (%)	6 máximo
CBR (%)	80 mínimo
Peso vol. compacto(kg/m³)	1,120 mínimo

Tabla 2.3. Material para base

Fuente. Especificaciones ASTM-D-1241.

b) Material para revestimiento de camino

Tamiz	% Q Pasa
1	100
3/8	50-85
N ^o 4	35-65
N ^o 10	25-50
N ^o 40	15-30
N ^o 200	5-15

Tabla 2.4. Material para revestimiento de camino.

Fuente. Especificaciones ASTM-D-1241.

L.L (%)	40 máximo
I.P (%)	4-10 máximo
Desgaste (%)	50 máximo

Tabla 2.5. Material para revestimiento de camino.

Fuente. Especificaciones ASTM-D-1241.

c) Material para sub-base

Tamiz	% Que Pasa
1 ½	100
N ^o 4	35-65
N ^o 200	0-10

Tabla 2.6. Material para sub-base.

Fuente. Especificaciones NIC-2000.

L.L (%)	25 máximo
I.P (%)	6 máximo
CBR (%)	50 máximo

Tabla 2.7. Material para sub-base.

Fuente. Especificaciones NIC-2000.

d) Clasificación de la Sub-rasante

CBR	CLASIFICACION
0-5	Sub-rasante muy mala
5-10	Sub-rasante mala
10-20	Sub-rasante regular a buena
20-30	Sub-rasante muy buena
30-50	Sub-base buen a
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Tabla 2.8. Clasificación de la sub-rasante.

Fuente. Principio de diseño de pavimentos. JhonWiley&Sons. 1959.

e) Coeficientes de abundamiento y enjuntamiento para diferentes suelos

Suelos	Coeficientes	
	Abundamiento	Enjuntamiento
Arena, grava	1.07-1.17	0.93-0.87
Carpa vegetal	1.11-1.2	0.9-0.84
Marga	1.15-1.6	0.85-0.65
Arcilla blanda	1.35-1.65	0.75-0.75
Arcilla dura	1.4-1.7	0.75-0.6
Roca muy partida	1.4-1.85	0.7-0.55
Roca mal partida	1.5-2	0.85-0.65

Tabla 2.9. Coeficientes de abundamiento y enjuntamiento.

Fuente. Métodos y equipos de construcción, Apuntes Ing. Ernesto Cuadra. Pág. 53.

2.1.1.4. Normas Técnica para el Aprovechamiento de Bancos de Materiales para la Construcción

Nicaragua alberga importante yacimientos minerales y bancos de materiales, que constituyen parte de los más importantes recursos naturales que el país posee. La explotación racional y sostenible de los bancos de materiales para la construcción debe de estar al servicio de la satisfacción de las necesidades de los nicaragüenses y a su vez del desarrollo del país. Sin embargo Nicaragua carece de un instrumento

regulatorio específico para la regulación de la actividad del uso y la explotación de los bancos de materiales a ser utilizados en labores de construcción.

A fin de proteger los recursos naturales y el ambiente fue que se creó la presente norma, la cual establece criterios y especificaciones técnicas para el aprovechamiento de los bancos de materiales.

Localización del Banco de Material

- La localización del banco debe ser de tal forma, que el aprovechamiento u operaciones, no puedan ser observado desde la carretera o camino principal, siendo iniciado su aprovechamiento desde la parte no visible.
- La actividad de extracción de los bancos de materiales deben estar localizados a una distancia no menor de 100 metros del derecho de vía de las carreteras y caminos permanentes.
- Los bancos de materiales deben estar ubicados a una distancia mínima de 300 metros de hospitales, centros de salud, escuelas, iglesias, centros recreativos. Cuando no se usare explosivos, y en una posición contraria a la dirección del viento.
- Los bancos de Materiales que requieran el uso de explosivos deben estar ubicados a 500 metros de hospitales, centros de salud, escuelas, iglesias, centros recreativos además en una posición contraria a la dirección del viento.
- Los sitios que están sujetos a inundaciones periódicas por efecto del drenaje, no deben ser utilizados para extraer material de préstamo.
- Los bancos de materiales ubicados en áreas donde existan acuíferos destinados al abastecimiento público, deben tener una profundidad máxima de aprovechamiento de tal forma que la distancia entre el nivel más inferior de corte de materiales y el nivel máximo superior estacional del agua subterránea, sea como mínimo de 5 metros.
- La distancia mínima que debe tener un banco de materiales con relación a los aeropuertos es de 1000 metros.

Aprovechamiento

- Se debe contar con un plan operativo que contenga un plano, programa de actividades operativas y plan de cierre.
- El plano operativo debe contener el esquema de las áreas de trabajo y trituración, áreas de almacenaje, los límites de excavación, rutas de acarreo, los patrones de drenaje con su respectiva dirección y las zonas que deberán evitarse para la extracción de materiales.
- El plano operativo debe contener una vista en planta del área de excavación y secciones transversales y debe presentar el proceso de las actividades.
- La empresa operadora del banco de materiales debe elaborar un plan de cierre de cese de actividades que debe adjuntarlo a los documentos de solicitud. El plan de cierre debe contener lo siguiente:
 - a) Una evaluación de las condiciones actuales del sitio y análisis de alternativas de los usos futuros del área.
 - b) Un programa de recuperación de áreas degradadas.
 - c) Desmontaje de construcciones e instalaciones que no tendrán uso en el futuro.
 - d) Ejecución de obras que garanticen la estabilidad física que reduzcan la erosión, sedimentación, y eviten derrumbes.
- Las vías de acarreo a los bancos de materiales deben ser construidas bajo diseño, dirigidos a evitar la sedimentación de los cuerpos de agua, Además, deben construirse de tal forma a que se mantenga un ángulo recto o perpendicular, con respecto a la dirección del tráfico en la carretera ó camino principal.
- No se permite la ubicación de bancos de préstamos de materiales en áreas protegidas del país, como: Reservas Biológicas, Parques Nacionales y Reservas de Recursos Genéricos, Patrimonio Cultural, Sitios Históricos y áreas consideradas frágiles.
- Las actividades de explotación deben ser planificadas durante un período de trabajo comprendido de las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m., en aquellos sitios donde hubiere asentamientos humanos en las cercanías.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Recopilación de Información

Todo proceso investigativo está relacionado a la obtención de información, pues de ello dependen tanto de la confiabilidad como de la validez del estudio. Obtener información confiable y válida requiere cuidado y dedicación.

Esta etapa de recolección de información en investigación se conoce también como trabajo de campo. Estos datos o información que van a recolectarse son el medio a través del cual se responden las preguntas de investigación y se logran los objetivos del estudio originados del problema de investigación. Los datos, entonces, deben ser confiables, es decir, deben ser pertinentes como suficientes, para lo cual es necesario definir las fuentes y técnicas adecuadas para su recolección.

2.2.2. Levantamiento Topográfico

Un levantamiento topográfico consiste, en esencia, en la realización de las operaciones necesarias para determinar la posición de una serie de puntos del terreno respecto de un sistema de referencia previamente establecido y su posterior representación gráfica. Los levantamientos topográficos pueden ser:

- Planimétricos, cuando se determina solo la situación de los puntos en el plano horizontal mediante la obtención de sus coordenadas (x, y) respecto del sistema de referencia previamente establecido. La parte de la topografía que desarrolla los métodos y procesos adecuados se denomina **PLANIMETRÍA**.
- Altimétricos, cuando se determina solo la altura de los puntos sobre el plano de comparación, mediante el cálculo de las respectivas cotas (z). La parte de la topografía que desarrolla los métodos y procesos adecuados para se denomina **ALTIMETRÍA**.

- Taquimétricos, cuando se determina simultáneamente las coordenadas planas de los puntos y sus cotas respectivas. La parte de la topografía que desarrolla los métodos y procesos adecuados se denomina **TAQUIMETRÍA**.

En este caso, el levantamiento topográfico que se hizo fue taquimetría, ya que se necesitaba determinar la poligonal de cada banco de materiales y las curvas de nivel para poder calcular el volumen útil.

Debido a la naturaleza del trabajo, el método usado para hacer el levantamiento topográfico fue con GPS.

Sistemas de Proyecciones

Los receptores G.P.S. toman las coordenadas geográficas y las proyectan al sistema local de coordenadas en base al datum seleccionado. En Nicaragua el sistema de proyecciones utilizado para la determinación de las coordenadas rectangulares es el Universal Transversal Mercator (UTM).

Aplicaciones de los G.P.S.

Debido al constante desarrollo del sistema G.P.S., día a día se incrementa la aplicación de los mismos en las actividades científicas, profesionales, deportivas, recreacionales, etc. Sería muy extenso describir las actividades en las cuales el G.P.S. es una herramienta fundamental por lo que nos limitamos a mencionar algunas de las áreas dentro del campo de la ingeniería en las cuales el G.P.S. está siendo utilizado.

- Los geólogos, geógrafos e ingenieros forestales utilizan los G.P.S., en combinación con los sistemas de información geográfica (SIG) para la elaboración de mapas temáticos, captando en forma rápida y precisa la posición de puntos y asociando información y atributos a dichos puntos.

- En cuanto a la planificación del transporte urbano, constituye un método rápido de levantamiento de la red de transporte, ya que recorriendo las calles y avenidas del sistema con un receptor G.P.S. se puede elaborar automáticamente el plano de la red.
- En el mantenimiento vial, (drenajes, pavimentos, puentes, etc.), se pueden ubicar los puntos o sectores de la vía que necesitan mantenimiento, asociándole como atributo el tipo de estructura y mantenimiento a realizar.
- En el campo de la topografía, se están aplicando los G.P.S. en el levantamiento de grandes extensiones y de zonas de difícil acceso ya que se requiere menos personal, debido a lo complicado del traslado de equipos tradicionales y a que la captura de datos con el sistema G.P.S. acelera o acorta el tiempo de recolección de los mismos.

Precisión en los levantamientos.

La precisión obtenida con equipos G.P.S. puede variar en un rango entre milímetros y metros dependiendo de diversos factores.

Es importante mencionar que la precisión obtenida en la determinación de las coordenadas horizontales (Norte y Este) es de dos a cinco veces mayor que la determinación en la coordenada vertical o cota.

En general la exactitud obtenida en mediciones con G.P.S. depende de los siguientes factores:

- Equipo receptor
- Planificación y procedimiento de recolección de datos
- Tiempo de la medición
- Programas utilizados en el procesamiento de datos.

2.2.2.1. Procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información se utilizaron los programas: Google Earth, Global Mapper, AutoCAD, Excel y Civil 3D.

Google Earth se utilizó para mostrar, ubicar y delimitar los vértices de la poligonal de cada banco. Global Mapper para enriquecer la información levantada con el GPS ya que permitió dibujar las curvas de nivel, en el Civil 3D se procesó esta información con el fin de crear el cuadro de derrotero para cada poligonal y cálculo del volumen de explotación, y finalmente en AutoCAD se plotiaron los planos para presentación de resultados.

2.2.2.2. Procedimiento Topográfico Realizado.

Para realizar el levantamiento topográfico y cálculo del volumen explotable para cada banco, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se recorrió toda el área a levantar, delimitando de esta manera el área del banco de material a trabajar.
2. Con ayuda del GPS se determinó las coordenadas de una gran serie de puntos a lo largo del banco.
3. Con ayuda del Global Mapper, se dibujó las curvas de nivel para luego exportar esta base de datos a Civil 3D.
4. Con el plano en el Civil 3D, se calculó el cuadro de derrotero para cada poligonal y el volumen de corte útil en cada banco. Para esto se utilizó la siguiente información: la rasante o curva de nivel base para los bancos, factores de abundamiento, separación entre curvas y altura máxima de corte.
5. En AutoCAD se confeccionó el plano final para su respectivo ploteo.

2.2.2.3. Vida Útil

La vida útil del proyecto se estimó de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$V_{\text{útil}} = (T/P)/365 \quad (1)$$

Donde:

$V_{\text{útil}}$ = vida útil en años

T= Tonelaje total del material (toneladas)

P= Producción en toneladas por día

$$T = V * D \quad (2)$$

Donde:

T= Tonelaje total del material (toneladas)

V= Volumen total del material en m³

D= Densidad del material en ton/m³

2.2.3. Características de los Suelos

2.2.3.1. Características Físicas

Las propiedades físicas de un suelo son las que se requieren para definir su estado. Estas pueden determinarse con relativa precisión y una pequeña variación no modifica de forma radical el equilibrio o el comportamiento del terreno. Algunas propiedades físicas son las siguientes:

- 1- **Peso específico:** La parte sólida de los suelos está constituida por partículas dispuestas de una manera determinada, formando un cierto tipo de estructura porosa dentro de la masa. El análisis de las partículas del suelo demuestra que su peso específico varía poco (para arenas: 2,65 kg/dm³ y para arcillas varía entre 2,5 y 2,9 kg/dm³), excluyendo los suelos raros como los orgánicos y otros que contienen diatomeas o diatomicas. Luego, la variación del peso específico de las partículas contenidas en los suelos no es muy significativa, ni en las propiedades físicas ni en las mecánicas, para determinar el comportamiento del

suelo. No tienen mucha importancia el valor del peso específico sino en cuanto determina el peso unitario de ese suelo en consideración (Peso/Volumen) y permite mediante él, calcular la tensión que soporta una masa de suelo a una determinada profundidad.

- 2- **Tamaño:** Todos los suelos tienen partículas de tamaño variable, es decir que dentro de la parte sólida de los suelos, hay partículas de distinto tamaño. Esto conduce de inmediato al análisis de la composición granulométrica, es decir, qué clasificación de tamaño de granos existe dentro de una masa de suelo para ver si ese análisis tiene alguna significación en las propiedades del suelo.
- 3- **Forma y características mineralógicas:** La experiencia demuestra que si se analizan las formas y características mineralógicas de los granos de las partículas de suelo situadas por encima del tamiz N° 200, se observa lo siguiente:
 - a) Las partículas mayores del tamiz N° 4 consisten en fragmentos de rocas compuestos de uno o más minerales y pueden ser angulares, redondeados o chatos (generalmente son redondeados). Pueden ser sanos o mostrar signos de considerable descomposición, ser resistentes o deleznales.
 - b) Las partículas comprendidas entre el tamiz N° 4 y el tamiz N° 100 consisten en granos compuestos (dentro de nuestra zona) principalmente por cuarzo. Los mismos pueden ser angulares o redondeados (generalmente son redondeados).
- 4- **Rugosidad:** Esta característica sólo podría tener importancia, a simple vista, en el caso de las partículas mayores que el tamiz 200. En realidad, su importancia es secundaria dado que los granos naturales son por lo general igualmente rugosos. No obstante, se podría fabricar especialmente una arena despiedra partida, en cuyo caso sí habría diferencias de comportamiento. La naturaleza se ha encargado de uniformar la rugosidad de los granos, de manera que esta propiedad
- 5- **Permeabilidad:** Es la propiedad de los suelos que consiste en permitir que los el agua penetre en ellos. No tenga importancia significativa.

- 6- Cohesión:** Es la propiedad que permite en el caso de una arcilla o de una mezcla moldeable, dar forma a una mezcla que permanece unida. Las arenas puras son un ejemplo de suelos sin cohesión.
- 7- Porosidad:** Es la relación entre su volumen de vacío y el volumen de vacío y el volumen de su masa.
- 8- Gravedad específica:** Es la relación del peso en el aire de un volumen dado de partículas sólidas, al peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a una temperatura determinada.
- 9- Plasticidad:** Es la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico, sin variación volumétrica y sin desmoronarse no agrietarse.
- 10-Humedad:** Es la relación entre el peso de agua retenida y el peso de su fase sólida.
- 11-Enjuntamiento:** Es La reducción a partir del volumen a partir del volumen medido en el banco se define como enjuntamiento.
- 12-Abundamiento:** Es el aumento de volumen después que se ha perturbado y se expresa como porcentaje de volumen de banco.

2.2.3.2. Características Mecánicas

Las propiedades mecánicas son aquellas que pueden variar de forma sensible con el tiempo, con el método de experimentación y con las condiciones exteriores. Una variación incluso pequeña de sus valores puede influir considerablemente en la distribución de los esfuerzos, la naturaleza del equilibrio y modificar radicalmente la seguridad de las obras.

2.2.4. Clasificación de Suelos

La clasificación de los suelos es la agrupación de estos garantizando su igual o similar comportamiento al emplearlos en la obra. El principal criterio usado para clasificar los suelos es mediante sus propiedades las cuales pueden correlacionarse con patrones ya establecidos para los fines ingenieriles.

Suelo: Es un agregado natural de minerales con o sin componentes orgánicos que pueden separarse por medios mecánicos comunes como la agitación en el agua. El suelo es esencial en la construcción pues toda estructura de cualquier índole se cimenta sobre él, es el material más abundante y disponible, por esta razón es común que el ingeniero civil haga uso del suelo que se encuentra en el lugar del proyecto.

Lo ideal es seleccionar el suelo apropiado según los requerimientos y especificaciones de la obra, es decir que sus propiedades correspondan a las solicitadas en la planificación del proyecto. Para esto se debe de tomar en cuenta los usos de suelo según la clasificación; es ahí donde radica la importancia de conocerla.

2.2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

La clasificación SUCS (Sistema Unificado de clasificación de suelos) utiliza dos importantes propiedades; la granulometría para las gravas y arenas, y la plasticidad para los finos. Es posible, incluso, por medio de este patrón de clasificación de suelos, realizar una clasificación aproximada a partir de inspecciones de campo, aunque lo recomendado es basarse en pruebas en el laboratorio.

Para clasificar un suelo por medio de este sistema, se debe de conocer la distribución granulométrica por el método mecánico (granulometría grande y pequeña. También es importante determinar los límites de consistencia. Este sistema clasifica los suelos con dos letras. La primera de ellas es la inicial de la palabra inglesa que designa el tipo de suelo, mientras que la segunda es un adjetivo calificativo, referida en algunos casos a características de la curva granulométrica, en otros a la cantidad de finos y en otros a la plasticidad de estos.

Designación y significado por letra del sistema S.U.C.S.

Primera letra	Palabra	Segunda letra	Palabra
G	Grava(gravel)	W	Bien Graduado(wellgraded)
S	Arena(sand)	P	Mal graduado(poorlygraded)
M	Limo(Mo, en sueco)	M	Limoso(Mo, en sueco)
C	Arcilla(Clay)	C	Arcilloso(Clavey)
O	Orgánico(organic)	L	Baja plasticidad(lowplasticity)
Pt	Turba(Peat)	H	Alta plasticidad(High plasticity)

Tabla 2.10. Designación y significado de sistema s.u.c.s

Fuente. Carlos Kraemer, José maría Pardillo. Ingeniería de carreteras. Vol. II, Pág. 39.

2.2.4.2. Clasificación de la Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte (A.A.S.H.T.O.)

La clasificación AASHTO (Asociación Americana de Agencias Federales de Carreteras y Transporte) fue adoptada en 1931. No pretende identificar el suelo según su naturaleza (grava, arena, arcilla, limo), sino simplemente señalar que tipos de suelos son más útiles para la construcción de infraestructuras. Así, se diferencian siete grupos de suelos denominados A-1, A-7, más otro que agrupa a los suelos orgánicos.

Los suelos A-1 son granulares. El A-1 son no plásticos ($IP \leq 6$), mezclas de gravas y arenas. Muchas zahorras (gravas de granulometría continua) están incluidas en este grupo. A su vez este grupo se subdivide en dos subgrupos: A-1-a (básicamente grava) y A-1-b (predominantemente arena gruesa). El grupo A-3 es una arena limpia y uniforme, a lo sumo con algo de limo o grava. El A-2 es un suelo granular con finos plásticos, por lo que no pudo ser clasificado como A-1 o A-3. Se subdivide en cuatro subgrupos (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7) según la plasticidad de los finos (la denominación responde al criterio de añadir la clasificación de sus finos; así un suelo A-2-4 es un suelo A-2 con finos tipo A-4).

2.2.5. Pruebas de Laboratorio

2.2.5.1. Cuarteo Manual

Antes de someter las muestras de suelos a los diferentes ensayos que se le realizaron, fue necesaria una preparación previa, conocida como cuarteo. El objetivo del cuarteo de la muestra es el de homogenizarla para que la muestra sea representativa, de tal manera que los resultados obtenidos para cada ensayo sean representativos.

- **Equipo**

- Pala.
- Charolas de metal.

- **Procedimiento**

1. Se colocó la muestra sobre una superficie lisa, limpia, seca y libre de materiales extraños.
2. Se mezcló bien las muestras combinadas, haciendo una pila cónica, echando repetidas veces el material de los bordes hacia el centro.
3. Se aplano ligeramente la muestra, dándole forma circular y espesor uniforme.
4. Se dividió el material en cuatro partes iguales, abriendo con la pala dos zanjas diametrales y perpendiculares.
5. Se desechó dos sectores diagonalmente opuestos, y se mezcló bien las dos partes restantes y se colocó en las charolas las cantidades necesarias para los distintos ensayos y.

2.2.5.2. Análisis Granulométrico de los Suelos, Método Mecánico. (ASTM D 421-58 Y D 422-63; AASHTO T 27-88, T 87-70 Y T 88-70).

La granulometría es la propiedad más característica de un suelo, distinguiendo al mismo según los tamaños de sus partículas en grava, arena, arcilla y limo. Para fines ingenieriles es necesario determinar la granulometría cuantitativamente conociendo la proporción en la que intervienen los distintos tamaños de partículas en una porción determinada de suelo.

La granulometría es ampliamente utilizada para clasificar los suelos por cualquier método. Además, sirve para criterios de aceptabilidad del suelo para los agregados del concreto y materiales para carreteras (terracerías, sub-bases, bases y agregados de concreto asfáltico). También se pueden determinar parámetros de permeabilidad de algunos suelos y la susceptibilidad a sufrir la acción de las heladas del suelo. Para obtener un resultado significativo, la muestra debe ser representativa de la masa de suelo analizado.

La determinación de las dimensiones de las partículas de suelo y de las proporciones relativas en que se encuentren, se representan gráficamente en la curva granulométrica. De esta curva se pueden obtener datos para el diseño de pavimentos como los diámetros efectivos. El diámetro efectivo se representa como D_{xx} y es el tamaño de la partícula que es mayor al XX por ciento del suelo, Por ejemplo, D_{60} es el diámetro tal que el 60% de las partículas son más pequeñas. Con los diámetros efectivos se puede obtener el coeficiente de uniformidad C_u , y el coeficiente de curvatura C_c .

Tamaño de las aberturas de los tamices normalizados:

Tamiz	Abertura (mm)
3"	76.200
2"	50.800
1 1/2 "	38.100
1"	25.400
3/4"	19.100

3/8"	9.520
N°4	4.760
N°10	2.000
N°40	0.420
N°200	0.075

Tabla 2.11. Tamaño de abertura de Tamices
Fuente. Prácticas de laboratorio de mecánica de suelos. UNI. Pág. 39

▪ **Equipo**

- Juego de tamices.
- Balanza con precisión de 0.1gramo.
- Horno con temperatura constante de 100°- 110°C.
- Mazo de madera.
- Tara.

▪ **Procedimiento**

a) Material mayor que la malla No 4.

1. El material retenido en la malla No. 4 se pasó a través de las mallas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8" colocándolas en ese orden y agitando el juego con movimientos horizontales y verticales combinados
2. Se pesaron las fracciones retenidas en cada tamiz y se anotaron en el registro correspondiente

b) Material menor que la malla No. 4

1. Se secó la muestra en el horno a 105°C por un periodo de tiempo de 12 a 24 horas. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesaron 200g aproximadamente.

2. Se disgregaron los grumos del material cuidadosamente con el mazo de madera para evitar de esa manera romper los granos.
3. Se colocó la muestra en una tara, agregándole agua y dejando remojar hasta que los grumos se hayan disuelto completamente.
4. Se vació el contenido de la tara sobre la malla No. 200 y con ayuda del agua, se lavó la muestra lo mejor posible para que todos los finos pasen por ella.
5. El material retenido en la malla No.200 después de lavado se coloca en una tara, lavando la malla con agua.
6. Se secó el contenido de la tara en la estufa y se pesa.
7. Una vez seco el material, se colocó el juego de mallas en orden progresivo de la No. 10 a la No. 200y al final se colocó el fondo, vaciando el material previamente pesado.
8. Se agito el juego de tamices horizontalmente, con movimientos de rotación y verticalmente, con golpes secos de vez en cuando. El tiempo de agitación dependió de la cantidad de finos en la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos.
9. Se pesaron las fracciones retenidas en cada tamiz y se anotaron en el registro correspondiente



Fotografía 2.1 Análisis granulométrico.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.2 Análisis granulométrico.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua

2.2.5.2. Pesos Volumétricos o Pesos Unitarios (ASTM D-698; AASHTO T-99).

El peso volumétrico unitario es la relación entre el peso de una determinada cantidad y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas y sus correspondientes poros y espacios intergranulares. Existen dos valores para esta relación dependiendo del sistema de acomodamiento que se haya dado al material antes del ensaye. La denominación que se a cada uno de ellos es **Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)** y **Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)**.

Los pesos volumétricos del suelo tanto seco suelto como seco compacto sirven para establecer relaciones entre los volúmenes y pesos de este material. Se utiliza también para estimar el volumen aparente del material, es decir el peso medio por unidad de volumen.

La importancia de los pesos volumétricos para los suelos recae en conocer el grado de compactación que tendrán los suelos, el peso volumétrico es directamente proporcional a la compactación. Los pesos unitarios sirven para determinar el porcentaje de huecos existentes en el suelo.

❖ **Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)**

El peso unitario seco suelto se usó para la conversión de peso a volumen o volumen a peso en las dosificaciones de concreto.

▪ **Equipo**

- Moldeo recipiente cilíndrico de volumen y peso conocido.
- Balanza manual con precisión de 1.0 gramo.
- Pala pequeña o cucharón.
- Charolas
- Regla metálica o enrazadora

▪ **Procedimiento**

1. Se seleccionó una muestra representativa del suelo, previamente seca.
2. Se tomó nota del peso y volumen del molde que se utilizó.
3. Se depositó el material en el molde, realizándolo con la ayuda del cucharón a una altura constante sobre la parte superior del molde, la cual no excedió los cinco centímetros.
4. Una vez llenado el molde, se enrasó con ayuda de la regla metálica
5. Se anotó el peso del molde con el material contenido.
6. Se repitió este procedimiento tres veces para obtener un promedio.

❖ **Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)**

El peso unitario compacto se usó para el conocimiento de las cantidades de materiales que están sujetos a acomodamiento o asentamiento provocado por el tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo.

▪ **Equipo**

- Molde o recipiente cilíndrico de peso y volumen conocido.
- Balanza manual con precisión de 1.0 gramo.
- Pala pequeña o cucharón.
- Charolas
- Regla metálica o enrazadora
- Varilla de acero punta de bala para compactar de $\frac{5}{8}$ ".

▪ **Procedimiento**

1. Se seleccionó una muestra representativa del suelo, previamente seca.
2. Debido a que se utilizó el mismo molde, el cual su peso y volumen es conocido, se prosiguió a depositar el material en el molde en tres capas, con la ayuda del

cucharón a una altura constante sobre la parte superior del molde, la cual no excedió los cinco centímetros.

3. Primero se depositó el material a un tercio de la capacidad del molde, aplicándole veinticinco golpes con la ayuda de la varilla punta de bala, distribuida en toda el área. Luego se llenó con material hasta el segundo tercio y se volvió a golpear veinticinco veces con la varilla punta de bala. Se llenó completamente el recipiente y se golpeó nuevamente veinticinco veces con la varilla.
4. Una vez lleno el molde, se rellenó los espacios que hayan quedado del varillado y se enrasó con la ayuda de la regla metálica.
5. Se anotó el peso del molde con el material contenido.
6. Se repitió este procedimiento tres veces para obtener un promedio.



Fotografía 2.3. Ensaye de pesos volumétricos, caída del material al molde.

Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.4. Ensaye de pesos volumétricos, enrasado del material.

Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.5. Ensaye de pesos volumétricos, determinación del peso de material compactado.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua

2.2.5.3. Gravedad Específica (ASTM D-558 Y D 854-58; AASHTO T 93-86 Y T 100-70)

Se define como gravedad específica de los suelos a la relación del peso en el aire de un volumen dado de partículas sólidas, al peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a una temperatura de 4⁰c. El valor de la gravedad específica de un suelo queda expresado por un valor abstracto, además de servir para fines de clasificación interviene en la mayor parte de los cálculos de la mecánica de suelos.

La densidad de los suelos varía comúnmente entre los siguientes valores:

Tipo de suelo	GS
Suelos de origen volcánico	2.20 a 2.50
Suelos orgánicos	2.50 a 2.65
Arenas y gravas	2.65 a 2.67
Arenas limosas	2.67 a 2.70
Limos inorgánicos	2.70 a 2.72
Arcillas poco plásticas	2.72 a 2.78
Arcillas medianamente plásticas y muy plásticas	2.78 a 2.84

Arcillas expansivas	2.84 a 2.88
Suelos con abundante hierro.	3

Tabla 2.12. Densidad de Suelos.

Fuente. Prácticas de laboratorio de mecánica de suelos. UNI. Pág. 49

La consistencia del suelo es usualmente definida como las manifestaciones de las fuerzas físicas de cohesión y adhesión, actuando dentro del suelo a varios contenidos de humedad. La adhesión se refiere a la atracción de la fase líquida sobre la superficie de la fase sólida; las moléculas de agua por tanto, pueden adherirse tanto a la superficie de las partículas del suelo como a los objetos que se ponen en contacto con el suelo. La cohesión en suelos mojados es la atracción que existe entre las moléculas de la fase líquida que están como puentes entre partículas adyacentes.

▪ **Equipo**

- Frasco volumétrico de 500 ml.
- Pipeta o cuenta gota.
- Agua destilada.
- Embudo de vidrio.
- Balanza con precisión de 0.01 gramo.
- Horno a temperatura constante de 110°C
- Espátula.
- Bomba de vacío.

▪ **Procedimiento**

1. El material a ensayar se criba por la malla No, 10 y se pesó 100 g. Luego se depositó el material en una tara y se dejó saturando por 24 horas.
2. Se limpió y seco el frasco volumétrico por dentro y por fuera.
3. Se llenó cuidadosamente el frasco con agua destilada hasta la marca de 500 ml y se determinó el peso del frasco y el agua (W_{fw})

4. Se agregó agua destilada al suelo y se mezcló hasta obtener una consistencia pastosa.
5. Se transfirió el suelo dentro del frasco volumétrico.
6. Se agregó agua destilada al frasco volumétrico que contiene el suelo aproximadamente dos tercios de su capacidad.
7. Haciendo uso de la bomba de vacío, se removió el aire de la mezcla.
8. Se agregó agua destilada al frasco volumétrico hasta que la parte inferior del menisco llegue a la marca de 500 ml. Se secó el exterior del frasco y el interior del cuello sobre el menisco.
9. Se determinó el peso combinado del frasco más agua más suelo contenido en el (W_{fsw}).
10. Se vertió el suelo y agua del frasco en una tara, asegurándose que no quede suelo por dentro del frasco.
11. Se colocó la tara en el horno y se determinó el peso seco.



Fotografía 2.6. Ensayo de gravedad específica, peso del frasco con agua.

Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.7. Ensayo de gravedad específica, expulsión de aire.

Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua

2.2.5.4. Límites de Atterberg (ASTM 423-66 Y D 424-59; AASHTO T 89-68 Y T 90-70).

La consistencia del suelo es usualmente definida como las manifestaciones de las fuerzas físicas de cohesión y adhesión, actuando dentro del suelo a varios contenidos de humedad. La adhesión se refiere a la atracción de la fase líquida sobre la superficie de la fase sólida; las moléculas de agua por tanto, pueden adherirse tanto a la superficie de las partículas del suelo como a los objetos que se ponen en contacto con el suelo. La cohesión en suelos mojados es la atracción que existe entre las moléculas de la fase líquida que están como puentes entre partículas adyacentes.

Estas manifestaciones incluyen:

- a) El comportamiento con respecto a la gravedad, presión y tensión.
- b) La tendencia de la masa del suelo de adhesión a cuerpos extraños o sustancias.
- c) Las sensaciones que son evidenciadas y sentidas por los dedos del observador.

Esta definición implica que el concepto de consistencia del suelo incluye algunas propiedades del suelo, como resistencia a la compresión, friabilidad, plasticidad y viscosidad. Generalmente este tipo de suelo que presenta consistencia plástica en un rango determinado de humedad se llaman arcillas.

En mecánica de suelos puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. La consistencia del suelo varía con textura, materia orgánica, el total del material coloidal, estructura (en cierto grado) y contenido de humedad.

Los suelos muestran comportamientos distintos según los contenidos de humedad; a bajo contenido de humedad el suelo es duro y muy coherente a causa del efecto de cementación entre partículas secas, si el suelo es trabajado con estas condiciones se producirán terrones. Cuando el contenido de humedad aumenta, la cohesión de los

puentes o films de agua alrededor de las partículas hace que el suelo permanezca unido y el suelo se vuelva plástico.

Un suelo seco a una compactación normal generalmente exhibe una extremada dureza o coherencia. La medida de esta coherencia varía con la estructura del suelo, ya que la porosidad determina el número de partículas por unidad de volumen.

Determinación del límite líquido (LL).

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, que debe tener un suelo moldeado para que una muestra del mismo en que se haya moldeado una ranura de dimensiones estándar al someterlo a 25 golpes bien definidos, se cierre sin resbalar en su apoyo. En el laboratorio se determina esta propiedad de los suelos.

▪ Equipo

- Copa de Casagrande
- Espátula con hoja de acero inoxidable
- Plato de porcelana
- Balanza con precisión de 0.01 gramos
- Horno con temperatura constante de 100° a 110°C
- Ranurador.
- Pipeta o cuenta gota.

▪ Procedimiento

1. El material a ensayar se criba por la malla No. 40 con una fracción de suelo considerada para la realización de dicho ensaye.
2. Se ajustó la altura de caída de la copa de Casagrande, para que la copa tenga una altura de caída de 1 cm aproximadamente.

3. Se colocó el suelo en el plato de porcelana, y se le agrego pequeñas cantidades de agua. Con ayuda de la espátula se mezcló hasta obtener una pasta homogénea y de consistencia suave.
4. Parte de la mezcla se coloca en la copa, presionando y extendiendo con la espátula hasta formar una capa de 1 cm de espesor en el centro, con el cuidado de que no quedaran burbujas de aire atrapadas.
5. Con ayuda del ranurador, se cortó un canal en el suelo cuidando de no desplazar el suelo adyacente a la ranura.
6. Una vez colocada la muestra, se dio vuelta a la manija de la copa de Casagrande a una velocidad de dos golpes por segundo, dando diecisiete golpes. Una vez terminado los diecisiete golpes la ranura deberá tener una distancia de 13 mm.
7. Se tomó una muestra de suelo de la copa y se colocó en una pequeña tara limpia y seca, determinando su peso húmedo.
8. Se limpió la copa y se repitió los paso 2, 4, 5, 6 y 7 para dos diferentes contenidos de humedad, con la diferencia que en vez de diecisiete golpes como lo fue para el primero, se den veinticinco y treinta y tres golpes respectivamente.

Determinación del límite plástico (LP).

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, cuando comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de 3mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente.

▪ Equipo

- Placa de vidrio esmerilado.
- Balanza con precisión de 0.01 gramos
- Horno con temperatura constante de 100° a 110°C

▪ **Procedimiento**

1. Se tomó aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la muestra que se usó en el ensaye de límite líquido, procurando que tenga una humedad uniforme cerca de la humedad óptima.
2. Se amaso con la mano, formando rollitos sobre la placa de vidrio hasta que se formó un cilindro de 3 mm de diámetro.
3. Se volvió amasar el suelo y a formar los cilindros, repitiendo esta operación tantas veces como fue necesario para reducir, gradualmente, la humedad por evaporación, hasta que el cilindro se empiece a endurecer.
4. El límite plástico se alcanzó cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3 mm de diámetro.
5. Se dividió en proporciones y se pusieron los pedazos en dos taras pequeñas.
6. Se pesó en la balanza y se registró su peso.
7. Se introdujo la muestra en el horno por un periodo de 24 horas y se determinó su peso seco.



Fotografía 2.8. Ensaye de límites de consistencia, Límite plástico.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.9. Ensaye de límites de consistencia, Límite líquido.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.10. Ensayo de límites de consistencia, muestra para el ensaye.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.11. Ensayo de límites de consistencia, muestras y copa Casagrande para el ensaye.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua

2.2.5.5. Ensayo “Proctor Estándar” (ASTM D 698 Y O 70; AASHTO T-180; AASHTO T 99-90 Y T 99-70).

La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar los espacios vacíos aumentando así su densidad y en consecuencia su capacidad de soporte (aumento en la resistencia) y la estabilidad, también se modifican otras propiedades tales como la reducción de volumen y la disminución en la compresibilidad y permeabilidad. Existe una amplia variación en las características de los diferentes suelos y las propiedades mecánicas de cada suelo individual se ven afectadas por su contenido de humedad y su densidad.

La compactación reduce el volumen de aire en un suelo, pero nunca es posible eliminar todos los vacíos, el suelo a compactar deberá estar parcialmente saturado. Si se compacta un suelo por diversos métodos, la densidad obtenida será posiblemente diferente para cada uno; del mismo modo, si distintos suelos se compactan empleando el mismo método es de esperar que los resultados también sean distintos. Esto indica que el proceso de compactación de un suelo se encuentra afectado muchos factores de los cuales los más determinantes son:

- 1- Contenido de humedad del suelo: Influye en la determinación con respecto al ensaye de laboratorio el valor óptimo del mismo para obtener la mayor densidad experimental.
- 2- Energía de compactación: Es la que se entrega al suelo por unidad de volumen, en las pruebas dinámicas de laboratorio en las que el suelo se somete a impactos de un pisón normalizado.
- 3- Tipo de suelo: Se alcanzan mayores densidades a medida que el tamaño de las partículas del suelo que se compacta es mayor.
- 4- Método o equipo de compactación utilizados: El método que se emplean para compactar un suelo es determinante en el resultado que se obtiene.
- 5- Re-compactación del suelo: No es recomendable realizarlo, pero generalmente se da en suelos finos, ya que estos debido a las compactaciones tienen una deformación volumétrica del tipo plástico.

Mediante la compactación varía la estructura del suelo y también algunas de sus propiedades mecánicas como la permeabilidad, el peso específico y la resistencia a la corte. Con la compactación se buscan propiedades adecuadas del suelo así como una uniformidad de este lo cual permitirá que se produzcan asentamientos diferenciales. La compactación mejora las propiedades ingenieriles, en los siguientes aspectos.

- a) Aumenta la resistencia al corte y por consiguiente mejora la estabilidad de terraplenes, y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.
- b) Disminuye la compresibilidad y los asentamientos.
- c) Delimita la relación de vicios y reduce la permeabilidad.
- d) Reduce el potencial de expansión y contracción.

Existen 4 alternativas para su realización

Concepto	Método			
	A	B	C	D
Diámetro del molde (cm)	10.16	15.24	10.16	15.24
Volumen del molde (cm³)	943.3	2124.0	943.3	2124.0

Peso del martillo o pisón (kg)	2.5	2.5	2.5	2.5
Altura de caída del martillo (cm)	30.48	30.48	30.48	30.48
No. de golpes del pisón por cada capa	25	56	25	56
No. De capas de compactación	3	3	3	3
Energía de compactación/volumen (kg.cm/cm³)	6.06	6.03	6.06	6.03
Suelo por usarse pasa por	100% Tamiz No. 4	100% Tamiz 3/8"	20% Retiene No.4.	100% Tamiz ¾"

Tabla 2.13. Descripción de Ensayes Próctor Estándar para compactación

Fuente. Norma 698-91 de la ASTM

▪ Equipo

- Molde de compactación. Conformado por un cilindro metálico de 4" de diámetro interior por 4 ½ de altura y una extensión de 2 ½" de altura y de 4" de diámetro interior.
- Pisón metálico o martillo proctor de 5.5. lb de peso y de 5 cm de diámetro.
- Regla de acero de 30 cm.
- Balanza de 21 Kg de capacidad y con precisión de 1.0 gramo.
- Balanza digital de 500 g de capacidad y con precisión de 0.01 gramo.
- Horno con temperatura de 110°C.
- Pipeta.
- Charola metálica
- Extractor de muestras.

▪ Procedimiento

1. Se pesó 3.5 kg de suelo y se mezcló homogéneamente cada porción de suelo con agua para llevarla al contenido de humedad deseado
2. Se pesó el molde cilíndrico sin la extensión y se anotó su peso.
3. Se colocó una capa de material aproximadamente a ⅓ de la altura del molde más el collar. Se compacto con el pisón la capa, dando 25 golpes,

uniformemente distribuidos en el molde, a una altura de caída libre de 30 cm aproximadamente.

4. Se repitió dos veces la operación anterior, escarificando ligeramente la superficie compactada antes de ser agregada la nueva capa.
5. Al compactar la última capa, se quitó la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
6. Se limpió exteriormente el cilindro y se pesó con todo y muestra compactada y se registró su peso.
7. Con ayuda del extractor de muestra, se sacó una muestra representativa del suelo compactado, se pesó en la balanza y se anotó su peso.
8. Se depositó el material en el horno por un periodo de 24 horas aproximadamente. Transcurrido el tiempo se determinó el peso seco.
9. El material sacado del cilindro se desmorona y se le agrega agua has obtener un contenido de humedad.
10. Se repiten las operaciones anteriores hasta lograr 4 puntos como resultado, que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima.



Fotografía 2.12. Ensaye de proctor estándar compactación del material.

Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua

2.2.5.6. Relación de Carga California (CBR) (ASTM D-73; AASHTO T 193-63).

El ensayo de valor relativo soporte se emplea en la caracterización de la resistencia del material de cimiento de una vía o de los diferentes materiales que se utilizarán en un pavimento, con vista a dimensionar los espesores de los suelos que formaran parte del mismo, empleando el método se diseñó de pavimentos basado en dicho ensayo. El ensayo CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

El CBR trabaja con muestras alteradas, las cuales proporcionan información sobre la capacidad de soporte que tendrá el suelo y el hinchamiento promedio que pueda tener este. Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para un suelo específico determinado, utilizando el ensayo de compactación Estándar o Modificado del experimento:

El método de california comprende tres ensayos:

- 1- Determinación de la densidad máxima y humedad óptima.
- 2- Determinación de las propiedades expansivas del material-
- 3- Determinación de la relación soporte de california o CBR.

El CBR se determina como la relación en porcentaje entre la fuerza utilizada para la penetración de 0.25cm con un vástago de 19.35cm² de área con una velocidad de penetración de 1.27 mm/minutos y la fuerza ejercida en un material patrón para esa misma penetración.

Penetración			Carga unitaria patrón		
(mm)	(cm)	(plg)	(Kg/cm ²)	MPa	PSI
2.5	0.25	0.10	70.31	6.9	1,000
5.0	0.50	0.20	105.46	10.3	1,500
7.5	0.75	0.30	133.58	13.0	1,900
10.0	1.00	0.40	161.71	16.0	2,300
12.7	1.27	0.50	182.80	18.0	2,600

Tabla 2.14. Valores de carga unitaria patrón que deben utilizarse en la ecuación para el cálculo del CBR.

Fuente. Prácticas de laboratorio de mecánica de suelos, UNI. Pág. 89.

Las especificaciones establecen que los materiales de préstamo para Sub base deben tener expansiones menores de 2% y para base, expansiones menores al 1%.²

Como dato informativo observar el hinchamiento versus el CBR:

%Hinchamiento	%CBR
3% o mas	Menor que 9%
2% como máximo	Mayor o igual al 15%
Menor al 1%	Mayor que 30%

Tabla 2.15. Comportamiento del% de hinchamiento Vs % de C.B.R.

Fuente. Laboratorio geotécnico. Centro peruano de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID)

▪ **Equipo**

- Molde metálico cilíndrico de compactación con base y extensión de 6" de diámetro y 7" de altura aproximadamente.
- Varilla con punta de bala.
- Probeta de 500 ml.
- Maquina C.B.R. equipada con pistón de penetración y capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/minutos y con anillo de carga de 50 KN y un deformimetro de 0.02 mm.
- Aparato para medir la expansión con deformimetro de caratula con precisión de 0.01 mm
- Horno con temperatura de 110°C.
- Papel filtro circular.
- Placas de peso.
- Charola metálica
- Balanza con precisión de 1.0 gramo.

²Ing. Luis Chang Chang

Laboratorio Geotécnico

Centro Peruano de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID)

▪ **Procedimiento**

1. Se tomó una muestra representativa de suelo, la cual estaba seca y los terrones se disgregaron evitando reducir el tamaño natural de las partículas.
2. Se pesó el molde sin el disco espaciador y sin la extensión.
3. Se ajustó el molde a la base y se insertó el disco espaciador en el molde y se cubrió con el papel filtro.
4. Se agregó agua al suelo homogéneamente, conociendo de manera aproximada la humedad mediante un apretón al suelo húmedo, el cual dejó un leve rocío en la palma de la mano, que indicó que el suelo tenía el agua suficiente.
5. Se tomó una muestra representativa para conocer el contenido de humedad.
6. El material restante se colocó en tres capas dentro del cilindro y a cada una de ellas se le aplicó 12, 25 y 56 golpes respectivamente, con la varilla punta de bala en forma de espiral, empezando en la orilla y terminando en el centro.
7. Se quitó la extensión y se enrasó ligeramente la muestra y se llenó con suelo fino los espacios que se formaron debido al enrazaamiento.
8. Se retiró el disco espaciador, invirtiendo el molde con la muestra compactada, de manera que ambos queden con papel filtro.
9. Se pesó el molde y base con el suelo compactado y se determinó el peso unitario total del suelo.
10. En la superficie libre de la muestra, se colocó el papel filtro y luego la placa metálica perforada provista de un vástago regulable.
11. Se colocó todo el conjunto dentro de un recipiente. Se montó el trípode y se instaló el deformímetro de manera que su punta quede tocando el vástago.
12. Se llenó de agua el recipiente, de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la inferior de la muestra, y se tomó la lectura inicial con el deformímetro.
13. Registrada la lectura final en el deformímetro, luego de 96 horas, se retiró el trípode y se sacó el molde del agua, dejando drenarlo durante de quince minutos.

14. Se llevó la muestra a la máquina de ensaye y se colocó sobre ellas una cantidad de pesas para reproducir una sobrecarga, se colocó el pistón de penetración hasta que haga contacto con la muestra.
15. Después de aplicada la carga inicial, se ajustó el deformimetro de carga y el deformimetro de penetración a cero, se anotó las lecturas de carga a los niveles de penetración y a una velocidad constante de 1.27 mm/min.



Fotografía 2.13. Eensaye de CBR. Colocación del material.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.14. Ensaye de CBR, aplicación de carga al suelo.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.15. Ensaye de CBR, saturación de la muestra por 96 horas.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua

2.2.5.7. Determinación del Contenido de Humedad (ASTM D 2216-71)

El contenido de humedad del suelo se define como la cantidad de agua presente en el suelo al momento de efectuar el ensaye, relacionado al peso de su fase sólida.

▪ Equipo

- Balanza con precisión de 0.1.gramo.
- Taras.
- Horno con temperatura de 110°C.

▪ Procedimiento

1. Se tomó una muestra representativa colocada una bolsa de plástico cuando se realizó el proceso de extracción de la muestra en cada uno de los bancos.
2. Se pesó la muestra húmeda.
3. Se colocó la muestra en una tara y se depositó en el horno durante 24 horas aproximadamente.
4. Se retiró la muestra del horno y se determinó su peso seco.



Fotografía 2.16. Material lavado por la malla No 200.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.17. Proceso de secado de las muestras húmedas.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.18. Determinación del secado del material por medio de un trozo de vidrio.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua



Fotografía 2.19. Cálculo del peso de muestra seca.
Fuente: Fuente propia, Managua-Nicaragua

2.2.5.8. Fórmulas a Utilizar

Las fórmulas que se presentan a continuación son las utilizadas una vez que se realizaron los ensayos de laboratorios. Estas fórmulas nos ayudaron a obtener los datos necesarios para poder determinarlas propiedades físicas y mecánicas, y clasificar de esta manera si el material puede funcionar ya sea como sub-base o como base en su estado natural o si se necesita estabilizarse químicamente.

Granulometría

$$\%RP = \left(\frac{W_n}{W_t} \right) * 100(3)$$

$$\%RA = (\%RP_n + \%R_{pn} + 1)(4)$$

$$\%Qp = 100 - (\%RAn)(5)$$

$$F_c = \frac{\% \text{ Que Pasa la Malla No.4}}{\text{Sumatoria de los Pesos de la Granulometrica Chica}} (6)$$

Donde:

%RP= Porcentaje Retenido Parcial

W_n = Peso Retenido por cada tamiz en orden descendente (gr).

W_t = Peso total de la muestra cribada por los tamices (gr).

%RA= Porcentaje Retenido Acumulado

%RP_n= Porcentaje Retenido Parcial del tamiz correspondiente

%RP_{n+1}= Porcentaje Retenido Parcial del tamiz consecutivo.

%QP= Porcentaje Que Pasa.

%RA_n= Porcentaje Acumulado del tamiz correspondiente.

n= Designación de tamices

$$\text{Relación de finos} = \frac{\% \text{ Que pasa el tamiz No 200}}{\% \text{ Que pasa el tamiz No 40}} \quad (7)$$

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (8)$$

Donde:

C_u= Coeficiente de Uniformidad

D₆₀= Valor correspondiente del 60% a la intersección de la curva granulométricas.

D₁₀= Valor correspondiente del 10% a la intersección de la curva granulométrica.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (9)$$

Donde:

C_c=Coeficiente de curvatura

D₃₀= Valor correspondiente del 30% a la intersección de la curva granulométrica.

Pesos Volumétricos

$$P_{vss} = \frac{W_{mssp}}{V_c} * 1000 \quad (10)$$

$$P_{vsc} = \frac{W_{mscp}}{V_c} * 1000 \quad (11)$$

$$W_{mssp} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{3} \quad (12)$$

Donde.

P_{vss}= Peso volumétrico seco suelto (Kg/m³)

W_{mssp} = Peso promedio del material seco suelto.

V_c = Volumen del cilindro (cm^3).

P_{vsc} = Peso volumétrico seco compacto (Kg/m^3)

W_{mscp} = Peso promedio del material seco compacto (gr)

W = Peso del material por cada ensaye (gr)

Gravedad Específica

$$W_{fswv} = W_{fw} + A_s \quad (13)$$

$$V_d = W_{fswv} - W_{fsw} \quad (14)$$

$$G_s = \frac{W_s}{V_d} \quad (15)$$

Donde.

A_s = Peso del material en condiciones SSS (g)

W_{fswv} = Peso del frasco + peso del suelo + peso del agua + vacíos (g)

W_{fw} = Peso del frasco + peso del agua (g)

W_{fsw} = Peso del frasco + peso del suelo + peso del agua – vacíos (g)

V_d = Volumen desalojado

W_s = Peso del material seco (g)

G_s =Gravedad específica de las partículas sólidas del suelo.

Densidad Máxima y Humedad Óptima (Proctor)

$$W_{sh} = W_{msh} - W_m \quad (16)$$

$$Y_h = \frac{W_{sh}}{V_c} \quad (17)$$

$$Y_d = \frac{Y_h}{1 + \%W} \quad (18)$$

$$W_s = W_{t+ms} - W_t \quad (19)$$

$$W_w = W_{t+mh} - W_{t+ms} \quad (20)$$

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (21)$$

$$\gamma_z = \frac{G_s * \gamma_w}{1 + (G_s * \%w)} \quad (22)$$

$$F_A = \frac{\gamma_{d \text{ máx}}}{P_{VSS}} \quad (23)$$

Donde:

W_{sh} = Peso del material húmedo (gr)

W_{msh} = Peso del material húmedo con el molde (gr)

W_m = Peso del molde (gr)

γ_h = Peso volumétrico húmedo (Kg/m^3)

V_c = Volumen del cilindro (lts)

γ_d = Peso volumétrico seco (Kg/m^3)

$\%W$ = Porcentaje de humedad

W_s = Peso del material seco (gr)

W_{t+ms} = Peso de la tara + material seco (gr)

W_t = Peso de la tara (gr)

W_w = Peso del agua (gr)

W_{t+mh} = Peso de la tara + material húmedo (gr)

γ_z = Peso volumétrico de la curva de saturación (Kg/m^3)

γ_w = Peso volumétrico del agua (Kg/m^3)

F_A = Factor de abundamiento

$\gamma_{dmáx}$ = Peso volumétrico seco máximo (Kg/m^3), localizado en las gráficas de Proctor como máximo valor de la curva.

P_{VSS} = Peso volumétrico seco suelto (Kg/m^3)

Relaciones Volumétricas y Gravimétricas

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (24)$$

$$n = \left(\frac{e}{1+e} \right) * 100 \quad (25)$$

$$Sr(\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100 \quad (26)$$

Modelo Volumen Total Unitario, $V_t = 1\text{m}^3$

$$V_t = V_v + V_s \quad (27)$$

$$V_v = V_a + V_w \quad (28)$$

$$W_t = W_w + W_s \quad (29)$$

Donde:

e= Relación de vacíos

V_v = Volumen de vacíos (m^3)

V_s = Volumen de suelo (m^3)

V_w = Volumen del agua (m^3)

V_a = Volumen de aire (m^3)

W_w = Peso del agua (Kg)

W_s = Peso del suelo seco (Kg)

Υ_w = Peso volumétrico del agua (valor constante de $1000\text{Kg}/\text{m}^3$)

n= Porosidad

S_r = Grado de saturación (%)

Relación de Carga California (CBR)

$$W_{sh} = W_{m+sh} - W_m \quad (30)$$

$$Y_h = \frac{W_{sh}}{V_c} \quad (31)$$

$$Y_d = \frac{Y_h}{1+\%W} \quad (32)$$

$$Carga = N_{deformación} * f_a \quad (33)$$

$$CBR(\%) = \frac{Carga\ unitaria}{Carga\ unitaria\ patrón} * 100 \quad (34)$$

$$\%C = \left(\frac{Y_d}{Y_{d\ max}} \right) * 100 \quad (35)$$

$$W_s = W_{t+ms} - W_t \quad (36)$$

$$W_w = W_{t+mh} - W_{t+ms} \quad (37)$$

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (38)$$

$$\text{Hinchamiento}(\%) = \left(\frac{L_f - L_i}{\text{Altura de Muestra}} \right) * 100 \quad (39)$$

Donde:

W_{sh} = Peso del material húmedo (gr)

W_{msh} = Peso del material húmedo con el molde (gr)

W_m = Peso del molde (gr)

γ_h = Peso volumétrico húmedo (Kg/m^3)

W_s = Peso del suelo seco (gr, Kg)

V_c = Volumen del cilindro (lts)

γ_d = Peso volumétrico seco (Kg/m^3)

W = Humedad (%)

$N_{\text{deformación}}$ = Lecturas del anillo en la penetración con el aparato CBR

F_a = Factor de anillo constante de 4.6418

W_{t+ms} = Peso de la tara + material seco (gr)

W_t = Peso de la tara (gr)

2.2.6. Diseño de Pavimentos

2.2.6.1. Consideraciones Generales de Pavimentos

Pavimento es la estructura integral de capas superpuestas, generalmente horizontales denominadas subrasante, sub-base, base y carpeta, colocadas hasta coronar la rasante y destinada a permitir el tránsito vehicular. Se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados

El diseño de un pavimento es esencialmente distinto del de otra estructura de ingeniería: el pavimento, en su totalidad se apoya sobre el material de fundación y es, por lo tanto, altamente influenciado por las condiciones ambientales. Una carretera, por otra parte, atravesará a lo largo de su recorrido una multiplicidad de depósitos de suelos, cada uno con propiedades diferentes. Cada uno de esos suelos, que son la fundación del pavimento, y también los materiales y mezclas que formarán la estructura

propriadamente dicha del pavimento, se ven afectados por muchos factores, entre los que pueden citarse: densidad, humedad, textura y estructura de sus componentes, y grado de confinamiento. A todos estos hechos debe añadir las características y variables propias del tránsito vehicular que actuará sobre el pavimento.

2.2.6.2. Estructura de pavimento

2.2.6.2.1. Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la sub-rasante.

2.2.6.2.2. Sub-base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un

hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuada.

Esta capa de material se coloca entre la sub-rasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

2.2.6.2.3. Base

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Las bases especificadas son las siguientes:

- **Base Granular**

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación.

- **Base Estabilizada**

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de sub-base.

2.2.7. Generalidades de los Bancos de materiales

Son excavaciones de las cuales se obtienen materiales para formar terraplenes o rellenos, que pueden emplearse solos, mezclados o estabilizados con otros materiales

naturales o elaborados, de tal forma que cumplan con las características requeridas para su uso.

De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (MEM) los bancos de materiales deben de poseer un permiso extendido por dicha institución para la explotación del banco. El permiso concedido debe de regirse bajo las estipulaciones de la Ley Especial sobre Explotación de Minas (Ley No. 387), además deberá obtenerse un permiso ambiental emitido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

CAPITULO TERCERO

MUESTREO DE BANCOS DE MATERIAL

3.1. Localización de Bancos de Material

Para la localización de bancos de material en estudio, contamos con el respaldo de la Alcaldía del Municipio de Rivas, ya que esta, por medio del Ingeniero de Proyecto, Ing. Ernesto Barrios, nos proporcionó el listado de bancos los cuales son explotados tanto por dicha institución, como por empresas privadas y a su vez por la Alcaldía del Municipio de San Jorge, ya que este último no cuenta con bancos de materiales en su municipio. Es preciso mencionar que la alcaldía de este municipio no cuenta con un estudio de suelo para cada uno de estos bancos, que les respalde su utilización.

El municipio de Rivas desde siempre ha contado con la existencia de tres bancos activos, pero el reciente proyecto del parque eólico llevado a cabo por el consorcio AMAYO, llevo a cabo la explotación de un nuevo banco, "Banco de Material Eolo", el cual fue exclusivamente explotado para tal fin, clausurándose una vez que el proyecto culminó. Cabe destacar que el Banco de material Eolo fue el único banco de material que se encontró legalmente con todos los permisos que se requieren para su explotación, el resto de banco no cuenta con la aprobación de ninguna institución más que el derecho de explotarlos por decisión propia de la alcaldía. Por tanto el presente estudio solo tomará en cuenta los tres bancos de materiales utilizados por la alcaldía municipal, los cuales se mencionan a continuación:

- Banco de Material Belmont
Ubicación: Barrio el Rosario
Propietario: Sr José Baldelomar
- Banco de Material Cori
Ubicación: Comunidad 29 de Mayo
Propietario: Sr. Erika Meléndez
- Banco de Material El Rosario Norte
Ubicación: Barrio el Rosario
Propietario: Sr. Pedro Quintanilla

Nota:

El banco de material Belmont es el que usualmente explota la Alcaldía del Municipio de San Jorge.

Se presentó más adelante un mapa, en el cual se ubicaran geográficamente los bancos de material, con sus respectivas distancias a puntos establecidos, en el cual, dentro de este conjunto de bancos ubicados, podrán las empresas o entidades dedicadas a la construcción de carreteras, poder seleccionar el más apropiado.

3.2. Muestreo de Bancos de Material

Para la extracción de muestras de los bancos previamente ubicados, se hizo uso de las recomendaciones citadas en el Laboratorio de Suelos, así mismo de ingenieros y personas con experiencia en esta rama. Los tres bancos en estudio presentaban cortes debido a su explotación, los cuales permitieron que se observara el material del que estaban conformado, por lo que el muestreo fue realizado en dichos cortes.

Las herramientas que se utilizaron para la extracción de muestra fueron:

- Palas.
- Barras.
- Piochas.
- Baldes.
- Sacos.
- Bolsas plásticas.
- Tarjetas identificadoras de bancos
- Marcadores.

La obtención de muestra de los bancos de material fue de tipo alterada y el muestreo fue integral, es decir que se realizaron varios sondeos y al finalizar se mezcló todas las muestras

3.3. Bitácora para la codificación de muestras

La realización de la bitácora fue de gran ayuda que facilitó la identificación individual de cada banco, en ella se registró la información técnica utilizada en el campo, para la extracción de muestras en los bancos de material, así como también aspectos sobresalientes sobre el tipo de material, ubicación geográfica y técnica de muestreo empleada.

Bitácora 1/3

Fecha: Miércoles 26 de Marzo de 2014

Hora: 8:00 a.m.

Banco de Material: "Banco de Material Belmont".

Propietario: Sr. José Baldelomar.

Este banco de material se encuentra ubicado en el barrio El Rosario a 4 km del centro del municipio y a unos 3 km de la carretera Panamericana, sobre la primera entrada que conduce hacia el barrio El Rosario (km 107.5 carretera Panamericana, Rivas-Nandaime). La visita al banco de material se efectuó en un periodo de tiempo comprendido entre las 8:00 a.m. a las 12:30 p.m. aproximadamente. Previo a la extracción de las muestras, se realizó una inspección en la cual se observó que el banco poseía múltiples cortes, en el cual era visible el tipo de material, el que era formado por fracciones de rocas de diferentes diámetros mezclado con suelo fino, su color era marrón oscuro y su estructura era esferoidal (agregado redondeado). Ver Anexo 3.8

Para la recolección de muestras correspondientes para el análisis en el laboratorio, se extrajeron cuatro muestras, dos de las cuales se realizaron en un corte existente de 6.50 mts de ancho y 2.60 mts de alto, y las dos restantes fueron extraídas por medio de sondeos manuales a una profundidad aproximada de 1 a 1.50 mts, las cuatro muestras extraídas se almacenaron en sacos nuevos y limpios debidamente rotulados, el peso total de la muestra era de aproximadamente 108.35 kg.

En el momento de la extracción de la muestra se tomó una muestra representativa, la cual se introdujo en una bolsa plástica transparente con una tarjeta identificadora, esto con el objetivo de conocer la humedad del suelo. Se tomaron las coordenadas de los dos puntos en los que se realizó la extracción de la muestra para facilitar la ubicación del banco de material, las que corresponden a:

- Coordenadas del primer sondeo, hecho en el corte existente:
Longitud 85°51'39.46"
Latitud 11°27'25.16"
- Coordenadas del segundo sondeo, realizado en un punto aleatorio del banco:
Longitud 85°51'39.98"
Latitud 11°27'27.15"

Una vez terminada la visita de campo se consideró que el volumen del banco es lo suficientemente explotable y alcanzable, esto solo se consideró de acuerdo a lo que se apreció visiblemente. Ver Figura 3.1. y Anexo 3.6

Banco de Material Belmont			
Sondeo No.	Ubicación	Muestra	Profundidad
1	Frente de explotación, corte existente	1	0.6 m
		2	0.75 m
2	Frente de explotación, punto sin explotación	3	0.55 m
		4	0.7 m

Tabla 3.1. Informe de los sondeos realizados en el banco de material Belmont.

Fuente. Elaboración Propia.

Ubicación de Banco de Material
Belmont

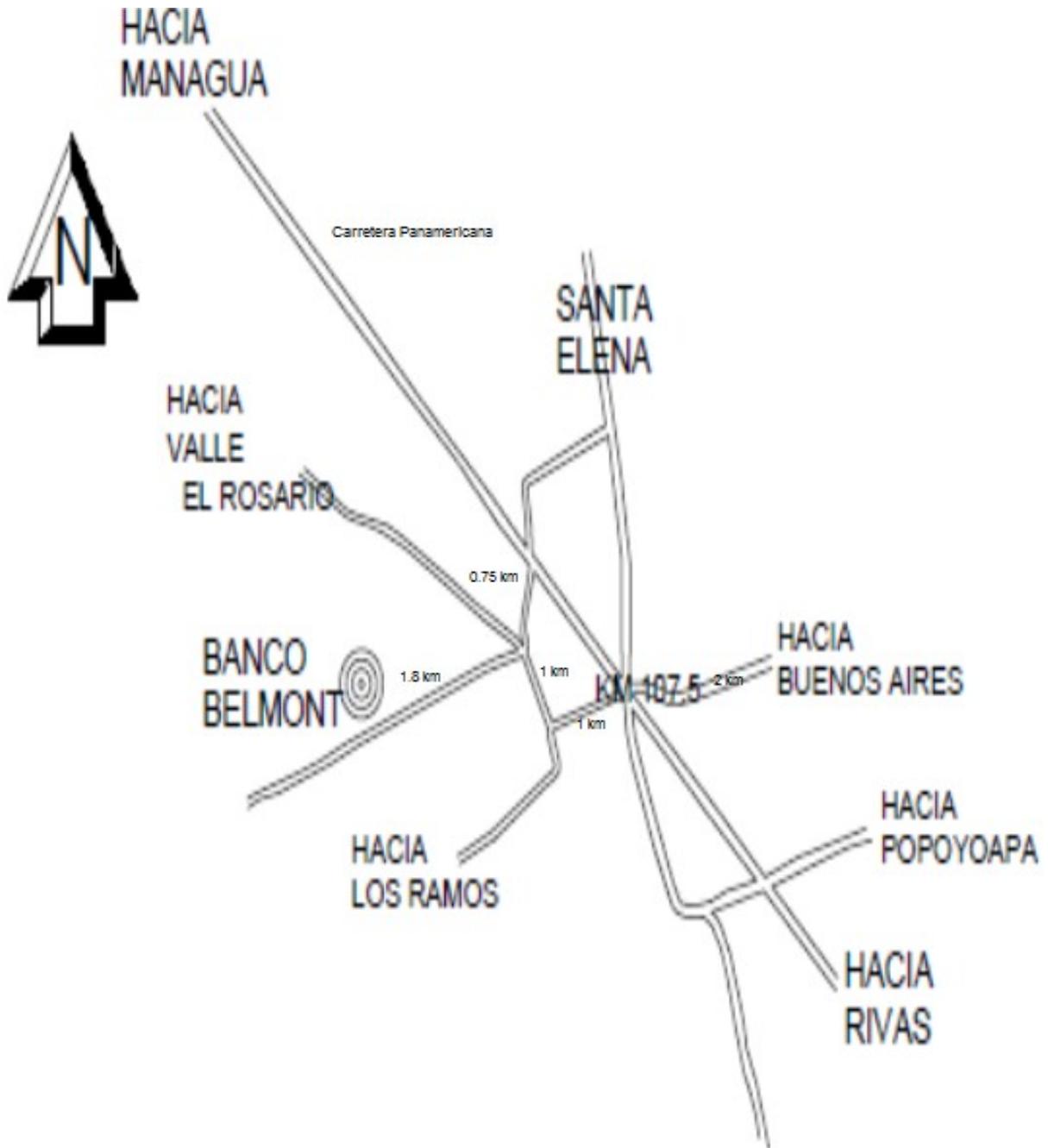


Fig. 3.1. Croquis de ubicación de Banco de Material Belmont

Fuente: Ing. Oswaldo Ramón Balmaceda

Bitácora 2/3

Fecha: Jueves 27 de Marzo de 2014

Hora: 9:30 a.m.

Banco de Material: "Banco de Material el Rosario Norte".

Propietario: Sr. Pedro Quintanilla.

Este banco de material se encuentra ubicado en el barrio El Rosario, a unos 6 km del centro del municipio y a unos 2 km de la carretera Panamericana, sobre la segunda entrada que conduce hacia el barrio El Rosario (km 106 carretera Panamericana, Rivas-Nandaimé), la distancia aproximada de este banco con respecto al banco de material Belmont es de unos 2 km. La visita al banco de material se efectuó en un periodo de tiempo comprendido entre las 9:30 a.m. a las 2:00 p.m. aproximadamente. Previo a la extracción de las muestras, se realizó una inspección en la cual se observó que el banco poseía múltiples cortes, en el cual era visible el tipo de material, el cual a simple vista parecía que se trataba de un material tipo arenoso, su color era grisáceo y su estructura granular mediana ver anexo 3.12.

Para la recolección de muestras correspondientes para el análisis en el laboratorio, se extrajeron cuatro muestras, dos de las cuales se realizaron en un corte existente de 5.60 mts de ancho y 4.10 mts de alto, y las dos restantes fueron extraídas por medio de sondeos manuales a una profundidad aproximada de 1 a 1.20 mts, las cuatro muestras extraídas se almacenaron en sacos nuevos y limpios debidamente rotulados, el peso total de la muestra era de aproximadamente 92.84 kg.

En el momento de la extracción de la muestra se tomó una muestra representativa, la cual se introdujo en una bolsa plástica transparente con una tarjeta identificadora, esto con el objetivo de conocer la humedad del suelo. Se tomaron las coordenadas de los dos puntos en los que se realizó la extracción de la muestra para facilitar la ubicación del banco de material, las que corresponden a:

- Coordenadas del primer sondeo, hecho en el corte existente:

Longitud 85°52'14.65"

Latitud 11°28'4.13"

- Coordenadas del segundo sondeo, realizado en un punto aleatorio del banco:

Longitud 85°52'15.44"

Latitud 11°28'3.97"

Una vez terminada la visita de campo se consideró que el volumen del banco no es lo suficientemente explotable y alcanzable, esto solo se consideró de acuerdo a lo que se apreció visiblemente. Ver Figura 3.2.y Anexo 3.10

Banco de Material Rosario Norte			
Sondeo No.	Ubicación	Muestra	Profundidad
1	Frente de explotación, corte existente	1	0.5 m
		2	0.8 m
2	Frente de explotación, punto sin explotación	3	0.7 m
		4	0.5 m

Tabla 3.2. Informe de los sondeos realizados en el banco de material Rosario Norte.

Fuente. Elaboración Propia.

Ubicación de Banco de Material Rosario Norte

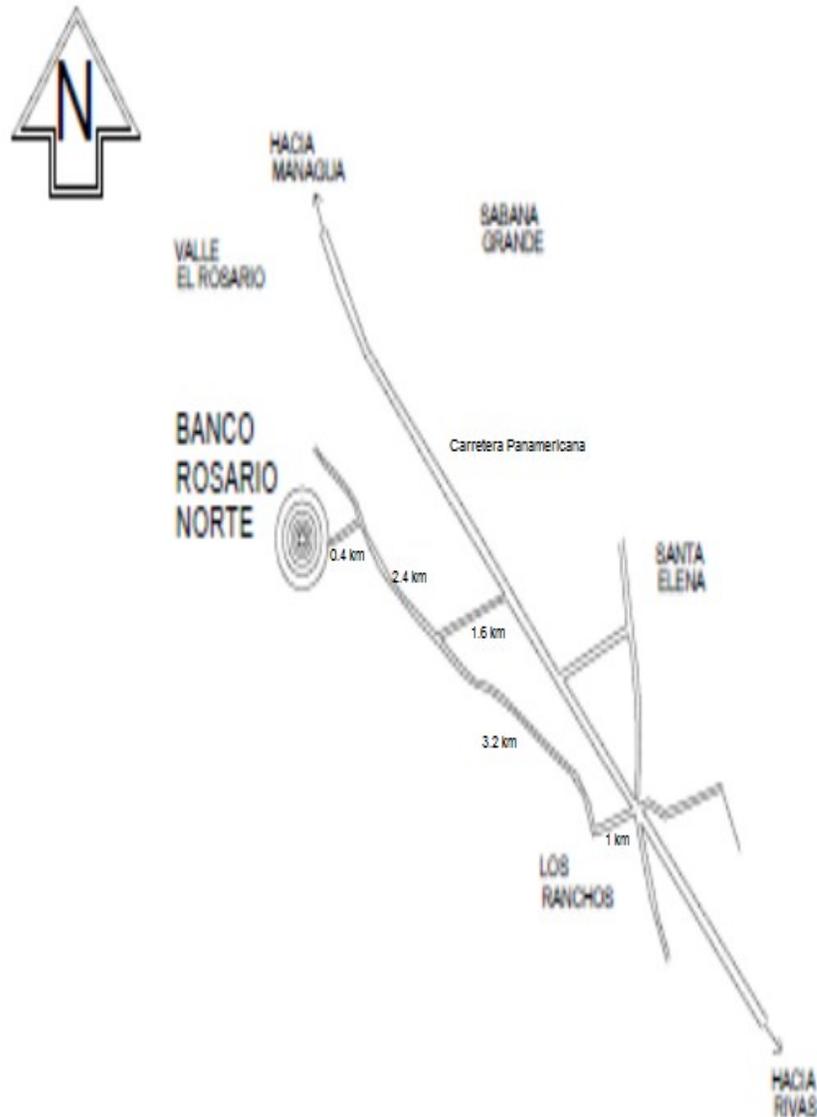


Fig. 3.2. Croquis de ubicación de Banco de Material Rosario Norte

Fuente: Ing. Oswaldo Ramón Balmaceda

Bitácora 3/3

Fecha: Viernes 28 de Marzo de 2014

Hora: 1:00 p.m.

Banco de Material: "Banco de Material Cori".

Propietario: Sra. Erika Meléndez.

Este banco de material se encuentra ubicado en la comunidad 29 de Mayo, a 13 km del centro del municipio. La visita al banco de material se efectuó en un periodo de tiempo comprendido entre las 1: 00 p.m. a las 4:30 p.m. aproximadamente. Previo a la extracción de las muestras, se realizó una inspección en la cual se observó que el banco poseía múltiples cortes, en el cual era visible el tipo de material, el que era formado por fracciones de rocas de diferentes diámetros y material gravo-arenoso con contenido de finos como material ligante. Su color era marrón claro y su estructura es granular gruesa. Ver anexo 3.16

Para la recolección de muestras correspondientes para el análisis en el laboratorio, se extrajeron cuatro muestras, dos de las cuales se realizaron en un corte existente de 6.0 mts de ancho y 4.0 mts de alto, y las dos restantes fueron extraídas por medio de sondeos manuales a una profundidad aproximada de 1 a 1.20 mts, las cuatro muestras extraídas se almacenaron en sacos nuevos y limpios debidamente rotulados, el peso total de la muestra era de aproximadamente 120.15 kg.

En el momento de la extracción de la muestra se tomó una muestra representativa, la cual se introdujo en una bolsa plástica transparente con una tarjeta identificadora, esto con el objetivo de conocer la humedad del suelo. Se tomaron las coordenadas de los dos puntos en los que se realizó la extracción de la muestra para facilitar la ubicación del banco de material, las que corresponden a:

- Coordenadas del primer sondeo, hecho en el corte existente:

Longitud 85°50'41.72"

Latitud 11°25'11.93"

- Coordenadas del segundo sondeo, realizado en un punto aleatorio del banco:

Longitud 85°50'41.82"

Latitud 11°25'10.95"

Una vez terminada la visita de campo se consideró que el volumen del banco es lo suficientemente explotable y alcanzable, esto solo se consideró de acuerdo a lo que se apreció visiblemente. Ver Figura 3.2y anexo 3.14

Banco de Material Cori			
Sondeo No.	Ubicación	Muestra	Profundidad
1	Frente de explotación, corte existente	1	0.85 m
		2	0.7 m
2	Frente de explotación, punto sin explotación	3	0.85 m
		4	0.6 m

Tabla 3.3. Informe de los sondeos realizados en el banco de material Cori

Fuente. Elaboración Propia.

Ubicación de Banco de Material
Cori



Fig. 3.3. Croquis de ubicación de Banco de Material Cori
Fuente: Ing. Oswaldo Ramón Balmaceda

CAPITULO CUARTO
ESTUDIO TOPOGRÁFICO

4.1. Banco de Material Belmont

4.1.1. Levantamiento Topográfico

Para la realización del levantamiento topográfico y cálculo del volumen explotable primeramente se recorrió el área a levantar con la ayuda del señor José Baldelomar, propietario del banco de material, para de esta manera delimitar el área de trabajo.



Fig. 4.1 Delimitación del área correspondiente al banco de material Belmont

Fuente: Google Earth

Una vez delimitada el área de trabajo, y con las coordenadas correspondientes a este banco, se trazaron las curvas de nivel a una distancia de 1m, luego se exporto esta base de datos a Civil 3D, considerando una rasante o curva de nivel base de 160 m, su factor de abundamiento que corresponde a 1.04 y se consideró una altura máxima de corte de 20 m, ya que se analizó que, mayor a esta altura la maquinaria presentara problemas al efectuar los cortes.

4.1.2. Volumen Útil

Como resultado del procesamiento de la información en el Civil 3D, se obtuvo la siguiente información

Área= 14 Ha y 1,990.10 m².

Volumen Explotable

Volumen en banco= 291,048.07 m³.

Volumen suelto= 302,688.99 m³.

4.1.3. Vida Útil

$$T = (302,688.99 \text{ m}^3)(1649 \text{ Kg/m}^3)$$

$$T = 499,134,144.5 \text{ Kg} \approx 499,134.1445 \text{ toneladas}$$

$$V_{\text{util}} = \frac{(499,134.1445 \text{ ton}) / (20 \text{ ton/día})}{365}$$

$$V_{\text{util}} = 69 \text{ años}$$

4.2. Banco de Material Rosario Norte

4.2.1. Levantamiento Topográfico

Para la realización del levantamiento topográfico y cálculo del volumen explotable primeramente se recorrió el área a levantar con la ayuda del señor Pedro Quintanilla, propietario del banco de material, para de esta manera delimitar el área de trabajo.



Fig. 4.3 Delimitación del área correspondiente al banco de material Rosario Norte.

Fuente: Google Earth

Una vez delimitada el área de trabajo, y con las coordenadas correspondientes a este banco, se trazaron las curvas de nivel a una distancia de 1m, luego se exporto esta base de datos a Civil 3D, considerando una rasante o curva de nivel base de 134 m, su factor de abundamiento que corresponde a 1.12 y se consideró una altura máxima de corte de 20 m, ya que se analizó que, mayor a esta altura la maquinaria presentara problemas al efectuar los cortes.

4.2.2. Volumen Útil

Como resultado del procesamiento de la información en el Civil 3D, se obtuvo la siguiente información

Área= 1 Ha y 2,029.32 m².

Volumen en banco= 45,936.68 m³.

Volumen suelto= 51,449.08 m³.

4.2.3. Vida Útil

$$T = (51,499.08 \text{ m}^3)(1626 \text{ Kg/m}^3)$$

$$T = 83,737,504.08 \text{ Kg} \approx 83,737.0408 \text{ toneladas}$$

$$V_{\text{util}} = \frac{(83,737.0408 \text{ ton}) / (20 \text{ ton/día})}{365}$$

$$V_{\text{util}} = 12 \text{ años}$$

4.3. Banco de material Cori.

4.3.1. Levantamiento Topográfico

Para la realización del levantamiento topográfico y cálculo del volumen explotable primeramente se recorrió el área a levantar con la ayuda de la señora Erika Meléndez, propietaria del banco de material, para de esta manera delimitar el área de trabajo.



Fig. 4.5 Delimitación del área correspondiente al banco de material Cori.

Fuente: Google Earth

Una vez delimitada el área de trabajo, y con las coordenadas correspondientes a este banco, se trazaron las curvas de nivel a una distancia de 1m, luego se exporto esta base de datos a Civil 3D, considerando una rasante o curva de nivel base de 86 m, su factor de abundamiento que corresponde a 1.09 y se consideró una altura máxima de corte de 20 m, ya que se analizó que, mayor a esta altura la maquinaria presentara problemas al efectuar los cortes.

4.3.2. Volumen Útil

Como resultado del procesamiento de la información en el Civil 3D, se obtuvo la siguiente información

Área= 3 Ha y 9,940.65 m².

Volumen en banco= 188,574.02 m³.

Volumen suelto= 205,545.68 m³.

4.3.3. Vida Útil

$$T = (205,545.68 \text{ m}^3)(1407 \text{ Kg/m}^3)$$

$$T = 289,202,771.76 \text{ Kg} \approx 289,202.7118 \text{ toneladas}$$

$$V_{\text{util}} = \frac{(289,202.7118 \text{ ton}) / (20 \text{ ton/día})}{365}$$

$$V_{\text{util}} = 40 \text{ años}$$

CAPITULO QUINTO

ESTUDIOS DE LABORATORIOS

INTRODUCCION

Los estudios de laboratorio se realizaron en empresas privadas, DYSCONCSA e IDISA, las cuales nos apoyaron facilitándonos tanto el laboratorio de suelo como el personal que labora, así mismo nos proporcionaron material informativo concerniente a cada laboratorio.

En la empresa DYSCONCSA, Diseño y Supervisión, Control de calidad S.A, se realizó las pruebas de gravedad específica, pesos volumétricos, contenido de humedad y Próctor estándar. Con la ayuda del jefe de laboratorio el señor Javier Sánchez, el cual nos guio y supervisó en todo momento es que se logró culminar dichos laboratorios.

En la empresa IDISA Ingenieros consultores, Ingeniería, Desarrollo e Inversión S.A, se realizó las pruebas de granulometría, límites de Atterberg y CBR. Para la ejecución de estos laboratorios se tuvo el apoyo del señor Norman Sánchez, jefe del laboratorio, el cual nos guio y supervisó en el transcurso de la elaboración de los laboratorios.

5.1. Banco de Material Belmont.



Fig. 5.1 Ubicación de banco de material Belmont

Fuente: Google Earth

Análisis Granulométrico de los Suelos, Método Mecánico

Composición Granulométrica del Material Retenido en el Tamiz No 4

Tamiz No	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa por el Tamiz
2"	312.7	4	4	96
1 1/2"	91.3	1	5	95
1"	629.7	7	12	88
3/4"	810.2	9	21	79
1/2"	149.89	9	30	70
3/8"	1007.2	12	42	58
No. 4	1547	18	60	40
Pasa No. 4	3513.2	40	100	0
Suma	8661.19	100	-	-

Tabla 5.1. Composición granulométrica del material retenido en el tamiz No 4. Banco de material Belmont

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

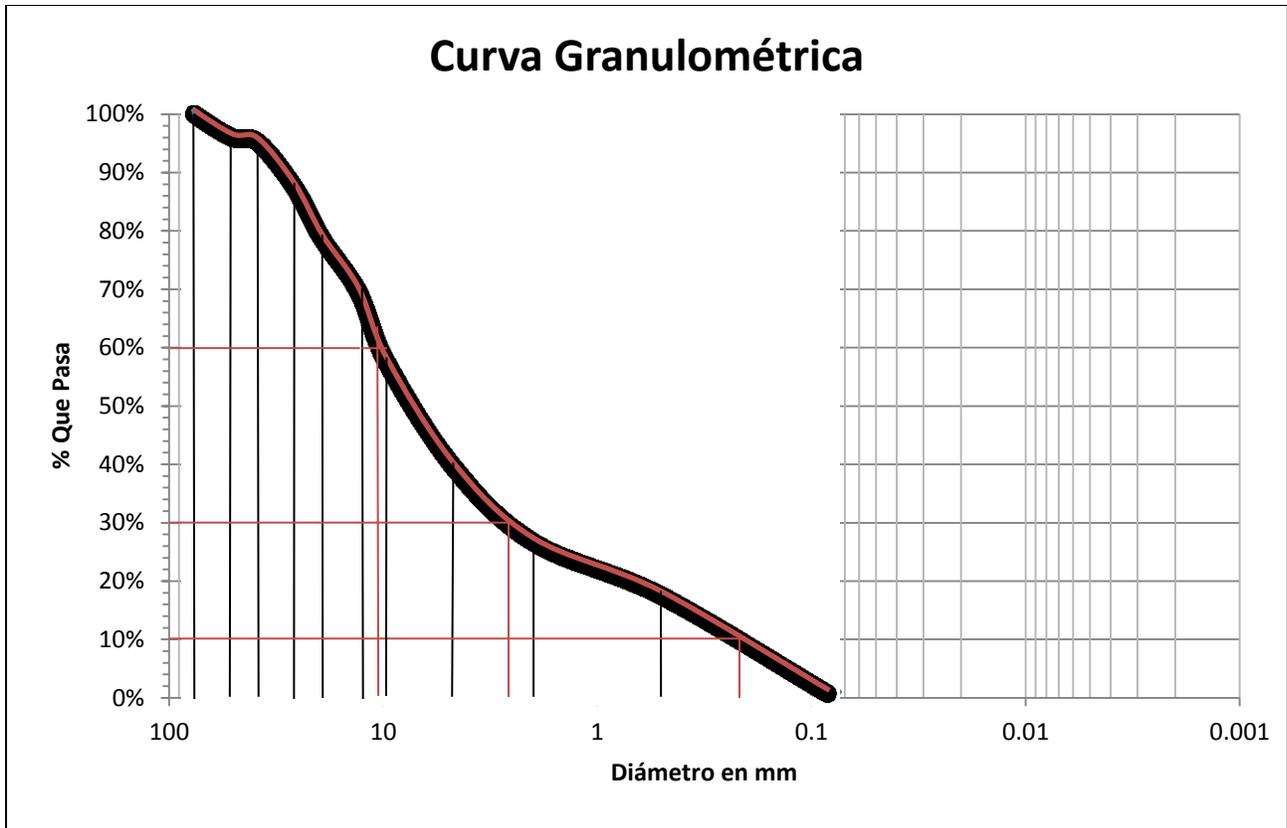
$$F_c = \frac{40}{73.1} = 0.54720$$

Composición Granulométrica del Material que Pasa el Tamiz No 4

Tamiz No	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa por el Tamiz
10	23.8	13	73	27
40	17.3	9	82	18
200	31.1	17	99	1
Pasa No.200	0.9	1	100	0
Suma	73.1	40	-	-

Tabla No.5.2. Composición granulométrica del material que pasa el tamiz No 4. Banco de material Belmont.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.



Grafica 5.1. Curva granulométrica del comportamiento del material del banco Belmont.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSS.

Ensayo No.	1	2	3
Volumen del Molde (cm ³)	2831	2831	2831
Peso del Agregado Suelto (g)	4480	4420	4505
Peso Volumétrico Seco Suelto (Kg/m ³)	1582	1561	1591
Peso Volumétrico Promedio Seco Suelto (Kg/m ³)	1578		

Tabla 5.3. Ensayo de peso volumétrico seco suelto. Banco de material Belmont.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Peso Volumétrico Seco Compacto, PVSC.

Ensaye No.	1	2	3
Volumen del Molde (cm ³)	2831	2831	2831
Peso del Agregado Compacto (g)	4660	4690	4658
Peso Volumétrico Seco Compacto (Kg/m ³)	1646	1657	1645
Peso Volumétrico Promedio Seco Compacto (Kg/m ³)	1649		

Tabla 5.4. Ensaye de peso volumétrico seco Compacto. Banco de material Belmont

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

GRAVEDAD ESPECÍFICA

Densidad Referida al Peso Seco

Ensaye No.	1	2
Frasco No.	27	27
Peso del Frasco + Agua (g)	673.5	673.5
Peso del Material en Condición SSS (g)	100	100
Total	773.5	773.5
Peso del Frasco + Material SSS + Agua (g)	733	733
Volumen desalojado (g)	40.5	40.5
Peso Seco del Material (g)	94.2	94.8
Contenido de Agua	5.8	5.2
Gravedad Específica del Material	2.33	2.34
Gravedad Específica Promedio	2.34	
Porcentaje de Absorción	6.16	5.49
Porcentaje de Absorción Promedio	5.83	

Tabla 5.5. Ensaye de densidad y absorción de arenas. Banco de material Belmont.

Fuente. Resultados de laboratorio, DYSCONCSA.

LIMITES DE ATTERBERG

No Plástico

ENSAYE DE PRÓCTOR ESTÁNDAR

Molde No. 1 Peso:4207 g Volumen: 0,939 lts Diámetro:10.16 cm
 Peso del Martillo: 5.5. lbs Caída: 12” Golpe por Capa:25 No. de Capas: 3
 Compactación de la Muestra

Ensaye No.	1	2	3	4
Peso del Material + Molde (g)	5735	5890	6190	6092
Peso del Molde (g)	4207	4207	4207	4207
Peso del Material en el Molde (g)	1528	1683	1983	1885
Peso Volumétrico Húmedo (Kg/m³)	1627	1792	2112	2007
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)	1504	1629	1861	1743

Tabla 5.6. Ensaye de Próctor estándar, compactación de la muestra. Banco de material Belmont
 Fuente. Resultado de laboratorio DYSCONCSA.

Contenido de Agua de la Muestra Compactada

Tara No.	P-9	Y-7	Y-3	Y-27
Peso de la Tara + Material Húmedo (g)	325.5	340.4	359.4	362.8
Peso de la Tara +Material Seco (g)	308.6	317.9	329.5	330.9
Peso de Agua (g)	16.9	22.5	29.9	31.9
Peso de Tara (g)	101.9	107.2	108.2	119.92
Peso de Material Seco (g)	206.7	210.7	221.3	210.98
Contenido de Humedad (%)	8.18	10.68	13.51	15.12

Tabla 5.7. Ensaye de Próctor estándar, contenido de agua de la muestra compactada. Banco de material Belmont
 Fuente. Resultado de laboratorio DYSCONCSA.

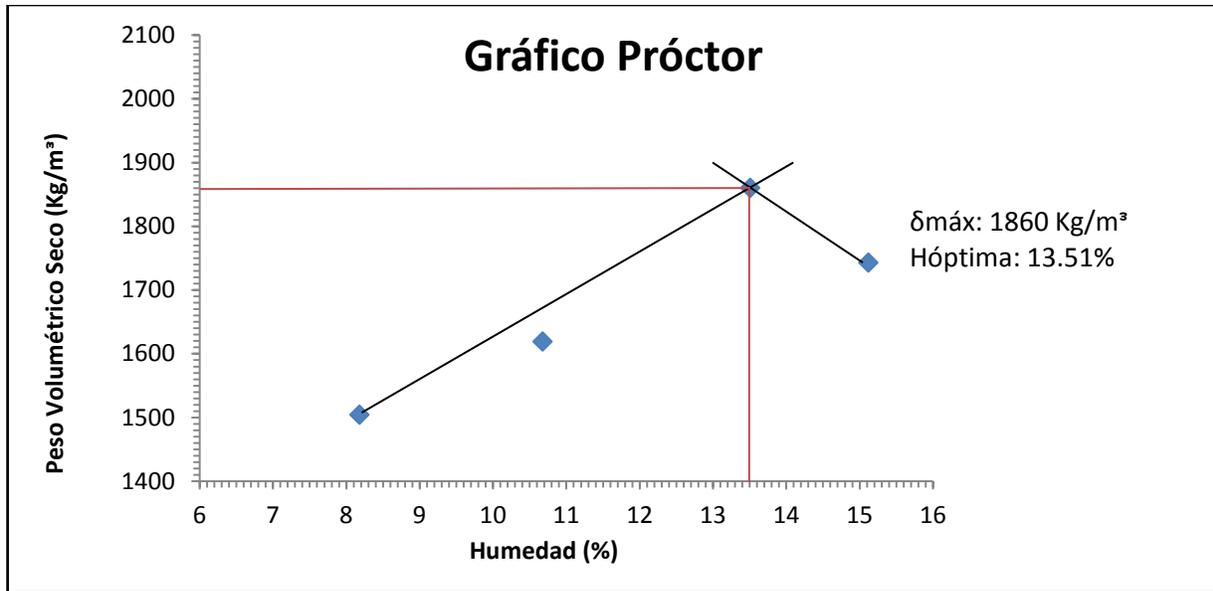


Gráfico 5.2. Peso volumétrico Vs Humedad.
Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

RELACIÓN DE CARGA CALIFORNIA, CBR

Peso del Martillo (lbs): 5.5
No. de Capas: 3
Altura de Caída: 12"

Molde No.	16	17	18
No. De Golpes por Capa	12	25	56
Altura Libre del Molde (cm)	18.10	18	17.80
Altura del Espécimen (cm)	12	11.9	11.7
Área de Base del Molde (cm ²)	186.26	186.26	186.26
Volumen del Espécimen (Its)	2.2351	2.2165	2.1792
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	1861	1861	1861
Grado de Compactación (%)	90	95	100
Humedad Óptima	13.51	13.51	13.51
Peso Volumétrico Seco por Reproducir (Kg/m ³)	1675	1678	1861

Tabla 5.8. Ensayo valor relativo de soporte, CBR. Banco de material Belmont
Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Comprobación de la Humedad y del Grado de Compactación

% de Humedad a Prueba	Recipiente No.	V-6	V-7	V-8
	Peso Muestra Húmeda (g)	200	200	200
	Peso Muestra Seca (g)	179.8	180.5	180.3
	Peso de Agua (g)	20.2	19.5	19.7
	Humedad Producida (%)	11.23	10.80	11
Peso del Material Húmedo + Molde (g)		8867	9138	9383
Peso del Molde (g)		4712	4672	4702
Peso del Material Húmedo (g)		4155	4466	4681
Peso Volumétrico Húmedo, PVH (Kg/m³)		1859	2015	2148
Peso Volumétrico Seco, PVS (Kg/m³)		1671	1819	1935
Grado de Compactación Reproducido (%)		90	97	103

Tabla 5.9. Ensaye valor relativo soporte, Grado de Compactación. Banco de material Belmont

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Hinchamiento

Lectura Final (mm)	488	588	528
Lectura Inicial (mm)	450	553	489
Diferencia de lecturas (mm)	38	35	39
Hinchamiento (%)	0.8043	0.7471	0.8467
Tiempo de Saturación (hr)	96	96	96

Tabla 5.10. Ensaye valor relativo soporte, hinchamiento. Banco de material Belmont

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Resumen de Resultado de Prueba de C.B.R. Saturado

Factor del Anillo de Carga: 10.2018

Carga Unitaria Patrón a la Penetración
de 0.1": 3000 Kg

Carga Unitaria Patrón a la penetración
de 0.2": 4500 Kg

Grupo	% de Capacitación Usado	Resistencia a la Penetración (Kg)							
		025"	050"	075"	100"	150"	200"	300"	400"
M-16	90	27	39	46	49	58	69	85	103
		275	398	469	500	592	704	867	1051
M-17	95	29	64	74	92	116	138	174	206
		296	653	755	939	1183	1408	1775	2102
M-18	100	41	82	105	135	150	166	215	277
		418	835	1071	1377	1530	1693	2193	2826

Tabla 5.11. Ensaye valor relativo soporte, Carga en Kg. Banco de material Belmont.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

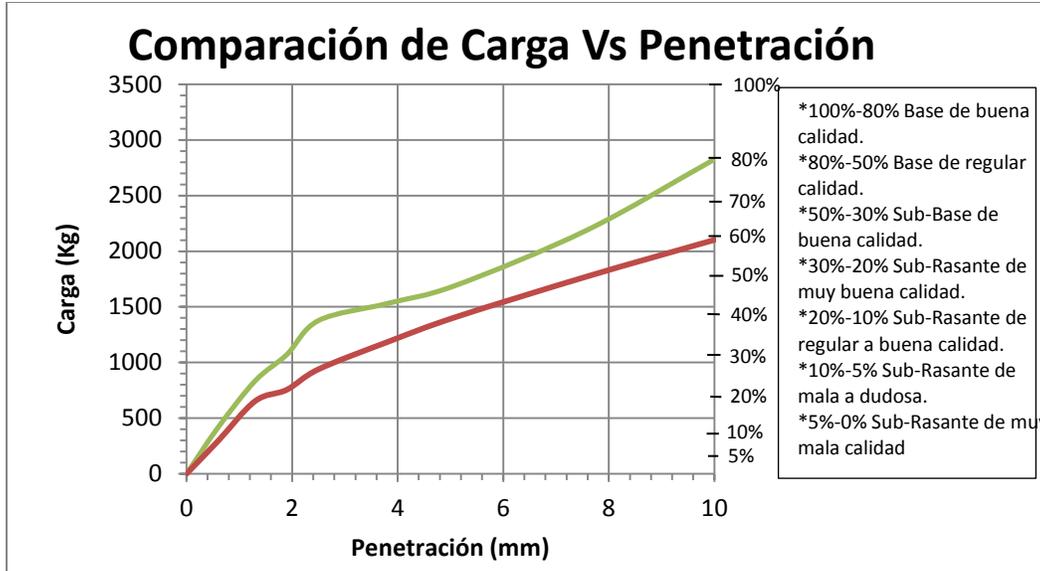


Gráfico 5.3. Comparación de carga Vs penetración

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Valores de Resistencia a la Penetración

Penetración		12 Golpes (MPA)	25 Golpes (MPA)	56 Golpes (MPA)
Pig	mm			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.6	1.4	1.5	2.1
0.05	1.3	2.0	3.3	4.2
0.075	1.9	2.4	3.8	5.4
0.1	2.5	2.5	4.7	7.0
0.15	3.8	3.0	6.0	7.7
0.2	5.1	3.6	7.1	8.6
0.3	7.6	4.4	9.0	11.0
0.4	10.0	5.3	10.6	14.0

Tabla 5.12. Valor relativo soporte, resistencia a la penetración. Banco de material Belmont.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

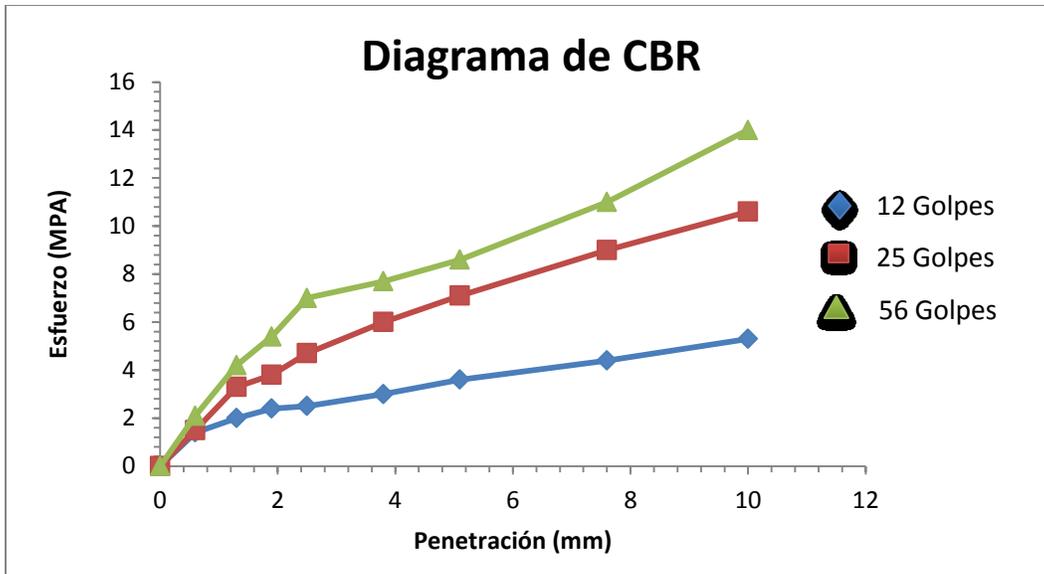


Gráfico 5.4. Diagrama de CBR, esfuerzo Vs penetración.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Del diagrama de CBR, gráfico 5.4, se obtuvieron los % de CBR, esta gráfica no fue corregida ya que aunque la gráfica presenta irregularidades en su curva, esta no toma inicialmente una forma cóncava hacia arriba

% de CBR Obtenidos

Penetración		Esfuerzo (MPa)		
Plg	mm	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes
0.2	5.1	3.6	7.1	8.6
Carga Patrón (MPa)		10.3	10.3	10.3
% de CBR		35	69	83
% de Compactación		90	97	103

Tabla 5.13. Ensayo de valor relativo soporte, % de CBR obtenidos. Banco de material Belmont.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Sondeo 1: Realizado en corte existente del banco

Sondeo 2: Realizado en un punto sin explotación

Muestra No.	Sondeo 1		Sondeo 2	
	1	2	3	4
Código de Tara	X-12	X-7	X-11	X-9
Peso de Tara (g)	103.8	101.5	100.9	104.8
Peso de Muestra Húmeda + Tara (g)	367	388	385.5	362.8
Peso Húmedo (g)	263.2	286.5	284.6	258
Peso de Muestra Seca + Tara (g)	342.2	362.8	358.5	333.4
Peso Seco (g)	238.4	261.3	257.6	228.6
Contenido de Humedad (%)	10.40	9.64	10.48	12.86
Contenido de Humedad Promedio (%)	10.85			

Tabla 5.14. Ensayo de contenido de humedad. Banco de material Belmont.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, DYSCONCSA.

Relaciones Volumétricas y Gravimétricas

$$\%H = 13.51\%$$

$$\gamma = 1649 \text{ Kg/m}^3$$

$$G_s = 2.34$$

Modelo Volumen Total Unitario

$$V_t = 1 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \frac{W_t}{V_t} \rightarrow W_t = \gamma * V_t$$

$$W_t = (1649 \text{ Kg/m}^3)(1 \text{ m}^3)$$

$$W_t = 1649 \text{ Kg}$$

$$\%H = \frac{W_w}{W_s} = \frac{13.51}{100} = \frac{W_w}{W_s}$$

$$0.1351 W_s = W_w$$

$$W_t = W_w + W_s$$

$$(1649Kg) = (0.1351W_s) + (W_s)$$

$$1649Kg = 1.1351W_s$$

$$W_s = \frac{1649Kg}{1.1351} = 1452.74Kg$$

$$W_w = (0.1351)(1452.74Kg) = 196.27Kg$$

$$G_s = \frac{W_s}{V_s * \gamma_w} \rightarrow V_s = \frac{W_s}{G_s * \gamma_w}$$

$$V_s = \frac{1452.74Kg}{(2.34)(1000 Kg/m^3)} = 0.6208m^3$$

$$V_t = V_s + V_v \rightarrow V_v = V_t - V_s$$

$$V_v = (1 - 0.6208)m^3 = 0.3792m^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0.3792m^3}{0.6208m^3} = 0.61$$

$$n = \left(\frac{e}{1 + e} \right) * 100 = \left(\frac{0.61}{1 + 0.61} \right) * 100 = 38\%$$

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \rightarrow V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{196.27Kg}{1000 Kg/m^3} = 0.1963m^3$$

$$V_v = V_a + V_w \rightarrow V_a = V_v - V_w$$

$$V_a = (0.3792 - 0.1963)m^3 = 0.1829m^3$$

$$S_r(\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100 = \frac{0.1963m^3}{0.3792m^3} * 100 = 52\%$$

Informe de Resultados del Banco de Material Belmont

Granulometría		
Relación de Finos	0.06	
Coeficiente de Uniformidad	50	
Coeficiente de Curvatura	1.5	
Pesos Volumétricos		
Peso Volumétrico Seco Suelto (Kg/m ³)	1,578	
Peso Volumétrico seco Compacto (Kg/m ³)	1,649	
Gravedad Especifica		
Gravedad Especifica	2.34	
Absorción (%)	5.83	
Límites de Atterberg		
No Plástico		
Próctor Estándar		
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	1861	
Humedad Óptima (%)	14	
Factor de Abundamiento	1.04	
Factor de Enjuntamiento	0.88	
C.B.R.		
% de Compactación	% de Expansión	% de C.B.R.
90	0.8	35
95	0.75	69
100	0.95	83
Contenido de Humedad		
% de Humedad	10.85	
Relaciones Volumétricas y Gravimétricas		
Relación de Vacíos	0.61	
Porosidad (%)	38	
Grado de Saturación (%)	52	

Tabla 5.15. Informe de resultados de los laboratorios de suelo para el banco de material Belmont.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

5.2. Banco de Material el Rosario Norte.



Fig. 5.2 Ubicación de banco de material Rosario Norte
Fuente: Google Earth

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS, MÉTODO MECÁNICO

Composición Granulométrica del Material Retenido en el Tamiz No 4

Tamiz No	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa por el Tamiz
2"	0	0	0	100
1 1/2"	64.4	1	1	99
1"	517.6	11	12	88
3/4"	301.5	6	18	82
1/2"	579.5	12	30	70
3/8"	300.5	6	36	64
No. 4	553.0	11	47	53
Pasa No. 4	2614	53	100	0
Suma	4930.5	100	-	-

Tabla 5.16. Composición granulométrica del material retenido en el tamiz No 4. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

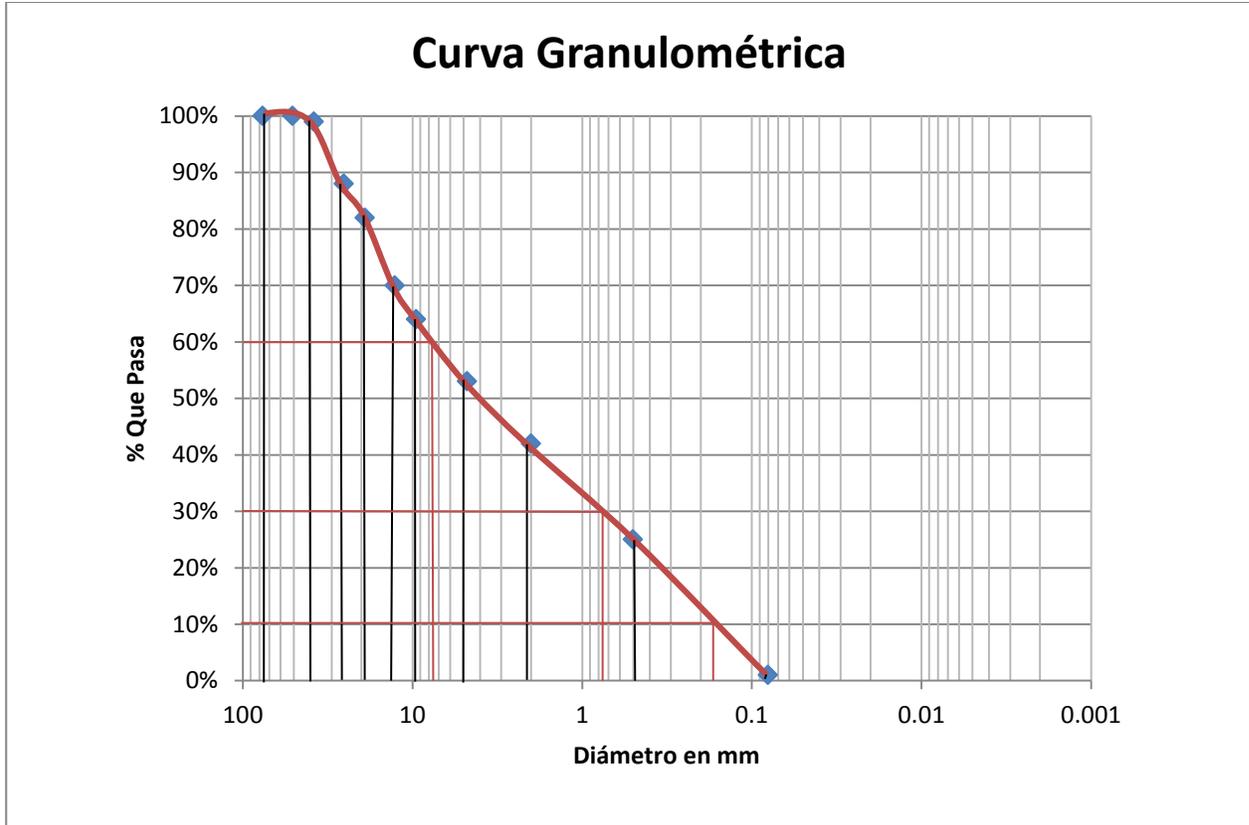
$$F_c = \frac{53}{105.8} = 0.50095$$

Composición Granulométrica del Material que Pasa el Tamiz No 4

Tamiz No	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa por el Tamiz
10	22.4	11	58	42
40	34.4	17	75	25
200	46.8	24	99	1
Pasa No.200	2.2	1	100	0
Suma	105.8	53	-	-

Tabla No.5.17. Composición granulométrica del material que pasa el tamiz No 4. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.



Grafica 5.5. Curva granulométrica del comportamiento del material del banco Rosario Norte.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSS.

Ensayo No.	1	2	3
Volumen del Molde (cm ³)	2831	2831	2831
Peso del Agregado Suelto (g)	4110	4140	4119
Peso Volumétrico Seco Suelto (Kg/m ³)	1452	1462	1455
Peso Volumétrico Promedio Seco Suelto (Kg/m ³)	1456		

Tabla 5.18. Ensaye de peso volumétrico seco suelto. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Peso Volumétrico Seco Compacto, PVSC.

Ensaye No.	1	2	3
Volumen del Molde (cm ³)	2831	2831	2831
Peso del Agregado Compacto (g)	4550	4650	4611
Peso Volumétrico Seco Compacto (Kg/m ³)	1607	1643	1629
Peso Volumétrico Promedio Seco Compacto (Kg/m ³)	1626		

Tabla 5.19. Ensaye de peso volumétrico seco Compacto. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

GRAVEDAD ESPECÍFICA

Densidad Referida al Peso Seco

Ensaye No.	1	2
Frasco No.	27	27
Peso del Frasco + Agua (g)	673.5	673.5
Peso del Material en Condición SSS (g)	100	100
Total	773.5	773.5
Peso del Frasco + Material SSS + Agua (g)	733.2	733.8
Volumen desalojado (g)	40.3	39.7
Peso Seco del Material (g)	94.1	94.7
Contenido de Agua	5.9	5.3
Gravedad Específica del Material	2.33	2.39
Gravedad Específica Promedio	2.36	
Porcentaje de Absorción	6.27	5.60
Porcentaje de Absorción Promedio	5.94	

Tabla 5.20. Ensaye de densidad y absorción de arenas. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultados de laboratorio, DYSCONCSA.

LIMITES DE ATTERBERG

No Plástico

ENSAYE DE PRÓCTOR ESTÁNDAR

Molde No. 1 Peso:4207 g Volumen: 0,939 lts Diámetro:10.16 cm
 Peso del Martillo: 5.5. lbs Caída: 12” Golpe por Capa:25 No. de Capas: 3

Compactación de la Muestra

Ensaye No.	1	2	3	4
Peso del Material + Molde (g)	5810	5900	6025	6007
Peso del Molde (g)	4207	4207	4207	4207
Peso del Material en el Molde (g)	1603	1683	1818	1800
Peso Volumétrico Húmedo (Kg/m³)	1707	1803	1936	1917
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)	1556	1629	1621	1584

Tabla 5.21. Ensaye de Próctor estándar, compactación de la muestra. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultado de laboratorio DYSCONCSA.

Contenido de Agua de la Muestra Compactada

Tara No.	Y-7	Y-6	Y-12	Y-1
Peso de la Tara + Material Húmedo (g)	332.7	346.5	360.3	373.6
Peso de la Tara + Material Seco (g)	312.7	314.7	319.4	326
Peso de Agua (g)	20	31.8	40.9	47.6
Peso de Tara (g)	107.2	108.0	108.8	99
Peso de Material Seco (g)	205.5	206.7	210.6	227.0
Contenido de Humedad (%)	9.73	15.38	19.42	21

Tabla 5.22. Ensaye de Próctor estándar, contenido de agua de la muestra compactada. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultado de laboratorio DYSCONCSA.

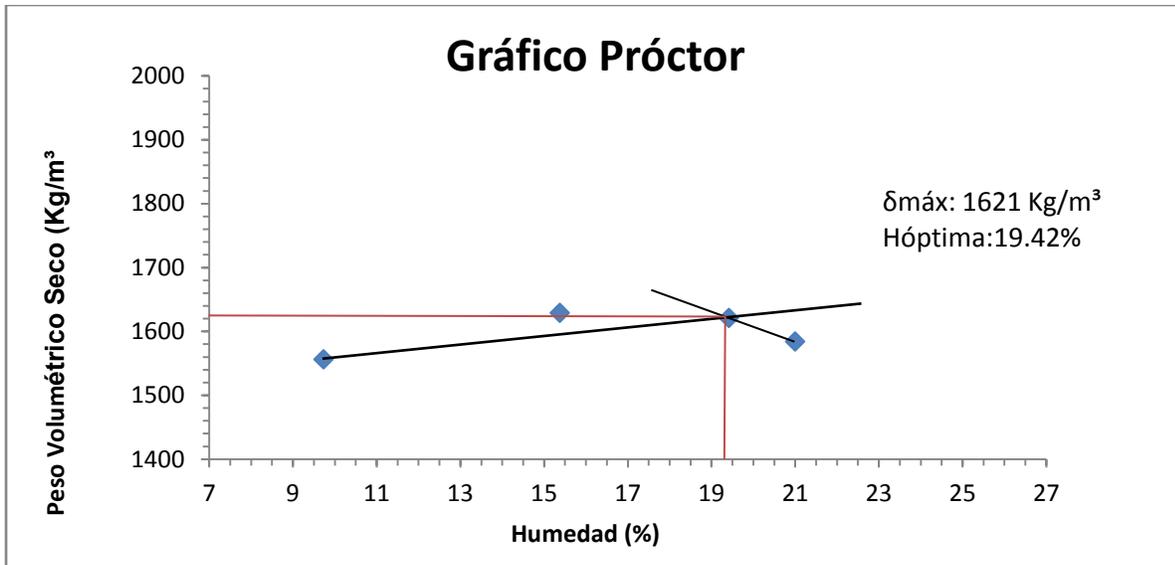


Gráfico 5.6. Peso volumétrico Vs Humedad.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

RELACIÓN DE CARGA CALIFORNIA, CBR

Peso del Martillo (lbs): 5.5

No. de Capas: 3

Altura de Caída: 12"

Molde No.	19	20	21
Altura Libre del Molde (cm)	18	18.10	17.90
Altura del Espécimen (cm)	11.9	12	11.8
Área de Base del Molde (cm ²)	186.26	191.13	186.26
Volumen del Espécimen (Its)	2.2165	2.2936	2.1979
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	1621	1621	1621
Grado de Compactación (%)	90	95	100
Humedad Óptima	19.42	19.42	19.42
Peso Volumétrico Seco por Reproducir (Kg/m ³)	1459	1540	1621

Tabla 5.23. Ensaye valor relativo de soporte, CBR. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Comprobación de la Humedad y del Grado de Compactación

% de Humedad a Prueba	Recipiente No.	V-9	V-10	V-11
	Peso Muestra Húmeda (g)	200	200	200
	Peso Muestra Seca (g)	172.9	170.0	172.1
	Peso de Agua (g)	27.1	30	27.9
	Humedad Producida (%)	15.67	17.65	16.21
Peso del Material Húmedo + Molde (g)		8648	8845	8805
Peso del Molde (g)		4737	4703	4480
Peso del Material Húmedo (g)		3911	4142	4325
Peso Volumétrico Húmedo, PVH (Kg/m³)		1764	1806	1968
Peso Volumétrico Seco, PVS (Kg/m³)		1525	1535	1693
Grado de Compactación Reproducido (%)		94	95	104

Tabla 5.24. Ensaye valor relativo soporte, Grado de Compactación. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Hinchamiento

Lectura Final (mm)	424	505	648
Lectura Inicial (mm)	384	451	575
Diferencia de lecturas (mm)	40	54	73
Hinchamiento (%)	0.8538	1.143	1.5714
Tiempo de Saturación (hr)	96	96	96

Tabla 5.25. Ensaye valor relativo soporte, hinchamiento. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Resumen de Resultado de Prueba de C.B.R. Saturado

Factor del Anillo de Carga: 10.2018

Carga Unitaria Patrón a la Penetración
de 0.1": 3000 Kg

Carga Unitaria Patrón a la penetración
de 0.2": 4500 Kg

Grupo	% de Capacitación Usado	Resistencia a la Penetración (Kg)							
		025"	050"	075"	100"	150"	200"	300"	400"
M-19	90	6	10	13	15	18	19	22	25
		61	102	133	153	184	194	224	255
M-20	95	8	11	14	17	22	25	30	37
		82	112	143	173	224	255	306	377
M-21	100	10	27	60	87	114	126	148	164
		102	275	612	888	1163	1285	1510	1673

Tabla 5.26. Ensaye valor relativo soporte, Carga en Kg. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

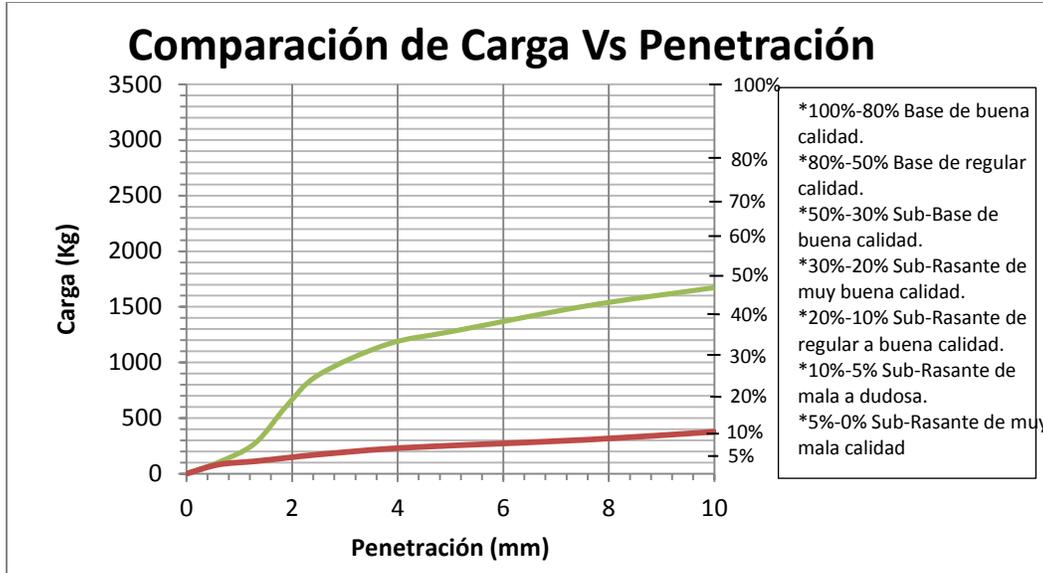


Gráfico 5.7. Comparación de carga Vs penetración

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua

Valores de Resistencia a la Penetración, valores sin corregir

Penetración		12 Golpes (MPA)	25 Golpes (MPA)	56 Golpes (MPA)
Plg	mm			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.6	0.3	0.4	0.5
0.05	1.3	0.5	0.6	1.4
0.075	1.9	0.7	0.7	3.1
0.1	2.5	0.8	0.9	4.5
0.15	3.8	0.9	1.1	5.9
0.2	5.1	1.0	1.3	6.5
0.3	7.6	1.1	1.5	7.6
0.4	10.0	1.3	1.9	8.5

Tabla 5.27. Valor relativo soporte, resistencia a la penetración. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

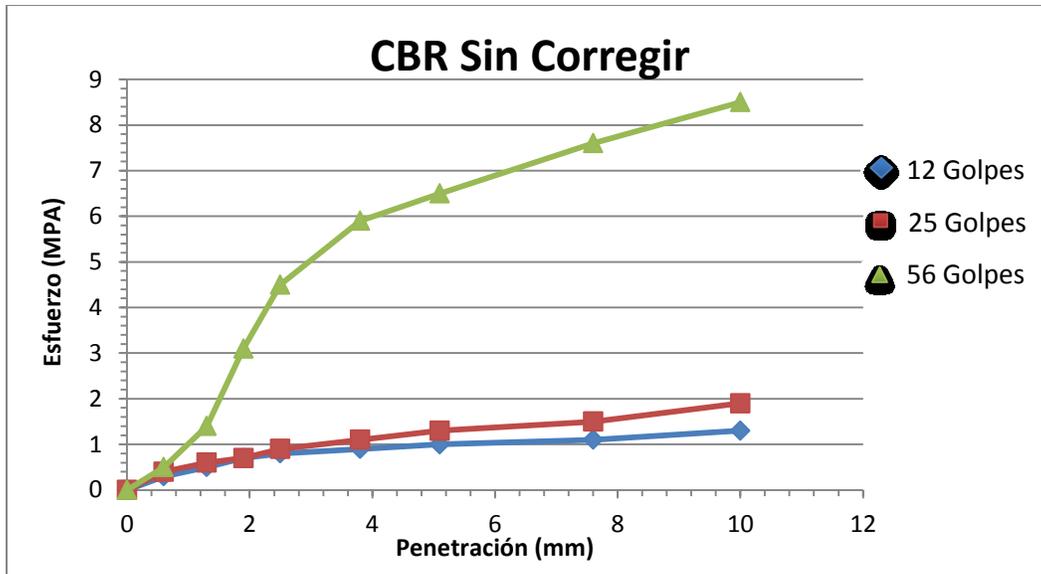


Gráfico 5.8. Diagrama de CBR, esfuerzo Vs penetración. sin corregir

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Del diagrama de CBR, gráfico 5.8, se obtuvieron los % de CBR, de esta gráfica solamente se corrigió la curva para 56 golpes porque era la única que inicialmente tomó una curvatura cóncava hacia arriba.

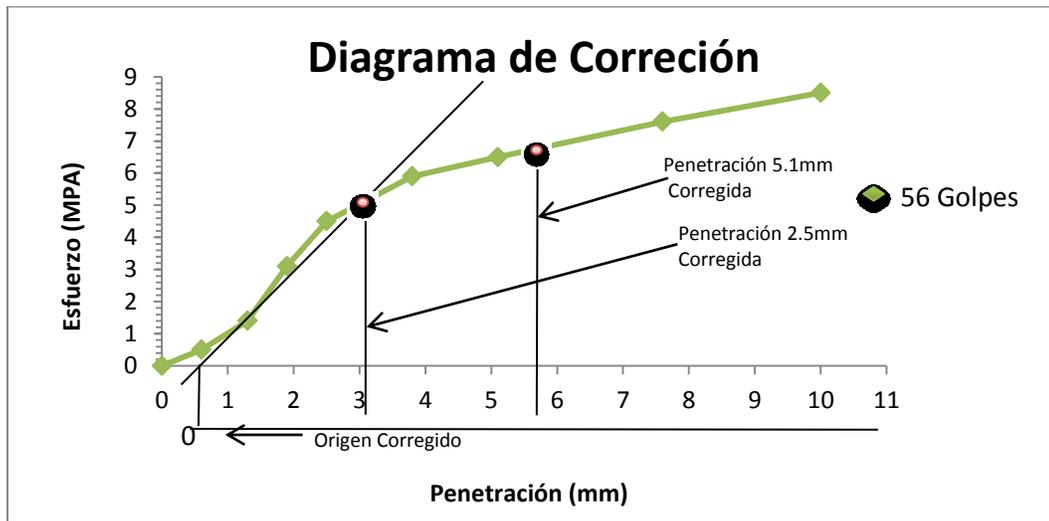


Gráfico 5.9. Diagrama de corrección para 56 golpes.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Valores de Resistencia a la Penetración, valores corregidos

Penetración		Esfuerzo (MPA)		
Plg	mm	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.6	0.3	0.4	1.0
0.05	1.3	0.5	0.6	3.1
0.075	1.9	0.7	0.7	4.5
0.1	2.5	0.8	0.9	5.1
0.15	3.3	0.9	1.1	6.1
0.2	5.1	1.0	1.3	6.7
0.3	7.6	1.1	1.5	7.8
0.4	10.0	1.3	1.9	8.8
% de CBR Obtenidos				
0.2	5.1	1.0	1.3	6.7
Carga Patrón (MPA)		10.3	10.3	10.3
% de CBR		10	13	65
% de Compactación		94	95	104

Tabla 5.28. Ensayo de valor relativo soporte, % de CBR corregidos obtenidos. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Sondeo 1: Realizado en corte existente del banco

Sondeo 2: Realizado en un punto sin explotación

Muestra No.	Sondeo 1		Sondeo 2	
	1	2	3	4
Código de Tara	Y-7	Y-10	Y-5	Y-2
Peso de Tara (g)	104.8	100.5	110.1	100.4
Peso de Muestra Húmeda + Tara (g)	362	371	345.9	363

Peso Húmedo (g)	257.2	270.5	235.8	262.6
Peso de Muestra Seca + Tara (g)	320	338.4	326.5	342.7
Peso Seco (g)	215.2	237.9	216.4	242.3
Contenido de Humedad (%)	19.52	13.70	8.96	8.38
Contenido de Humedad Promedio	12.64			

Tabla 5.29. Ensayo de contenido de humedad. Banco de material Rosario Norte.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, DYSCONCSA.

Relaciones Volumétricas y Gravimétricas

$$\%H = 19.42\%$$

$$\gamma = 1626 \text{ Kg/m}^3$$

$$G_s = 2.36$$

Modelo Volumen Total Unitario

$$V_t = 1 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \frac{W_t}{V_t} \rightarrow W_t = \gamma * V_t$$

$$W_t = (1626 \text{ Kg/m}^3)(1 \text{ m}^3)$$

$$W_t = 1626 \text{ Kg}$$

$$\%H = \frac{W_w}{W_s} = \frac{19.42}{100} = \frac{W_w}{W_s}$$

$$0.1942W_s = W_w$$

$$W_t = W_w + W_s$$

$$(1626 \text{ Kg}) = (0.1942W_s) + (W_s)$$

$$1626 \text{ Kg} = 1.1942W_s$$

$$W_s = \frac{1626 \text{ Kg}}{1.1942} = 1361.58 \text{ Kg}$$

$$W_w = (0.1942)(1361.58Kg) = 264.42Kg$$

$$G_s = \frac{W_s}{V_s * \gamma_w} \rightarrow V_s = \frac{W_s}{G_s * \gamma_w}$$

$$V_s = \frac{1361.8Kg}{(2.36)(1000 Kg/m^3)} = 0.5770m^3$$

$$V_t = V_s + V_v \rightarrow V_v = V_t - V_s$$

$$V_v = (1 - 0.5770)m^3 = 0.423m^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0.423m^3}{0.5770m^3} = 0.73$$

$$n = \left(\frac{e}{1 + e} \right) * 100 = \left(\frac{0.73}{1 + 0.73} \right) * 100 = 42\%$$

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \rightarrow V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{264.42Kg}{1000 Kg/m^3} = 0.2644m^3$$

$$V_v = V_a + V_w \rightarrow V_a = V_v - V_w$$

$$V_a = (0.423 - 0.2644)m^3 = 0.1586m^3$$

$$S_r(\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100 = \frac{0.2644m^3}{0.423m^3} * 100 = 63\%$$

Informe de Resultados del Banco de Material Rosario Norte

Granulometría		
Relación de Finos	0.04	
Coeficiente de Uniformidad	44	
Coeficiente de Curvatura	0.44	
Pesos Volumétricos		
Peso Volumétrico Seco Suelto (Kg/m ³)	1456	
Peso Volumétrico seco Compacto (Kg/m ³)	1626	
Gravedad Especifica		
Gravedad Especifica	2.36	
Absorción (%)	5.94	
Límites de Atterberg		
No plástico		
Próctor Estándar		
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	1621	
Humedad Óptima (%)	19.42	
Factor de Abundamiento	1.12	
Factor de Enjuntamiento	0.98	
C.B.R.		
% de Compactación	% de Expansión	% de C.B.R.
90	0.85	10
95	1.14	13
100	1.57	65
Contenido de Humedad		
% de Humedad	12.64	
Relaciones Volumétricas y Gravimétricas		
Relación de Vacíos	0.73	
Porosidad (%)	42	
Grado de Saturación (%)	63	

Tabla 5.30. Informe de resultados de los laboratorios de suelo para el banco de material Rosario Norte.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

5.3. Banco de Material Cori.

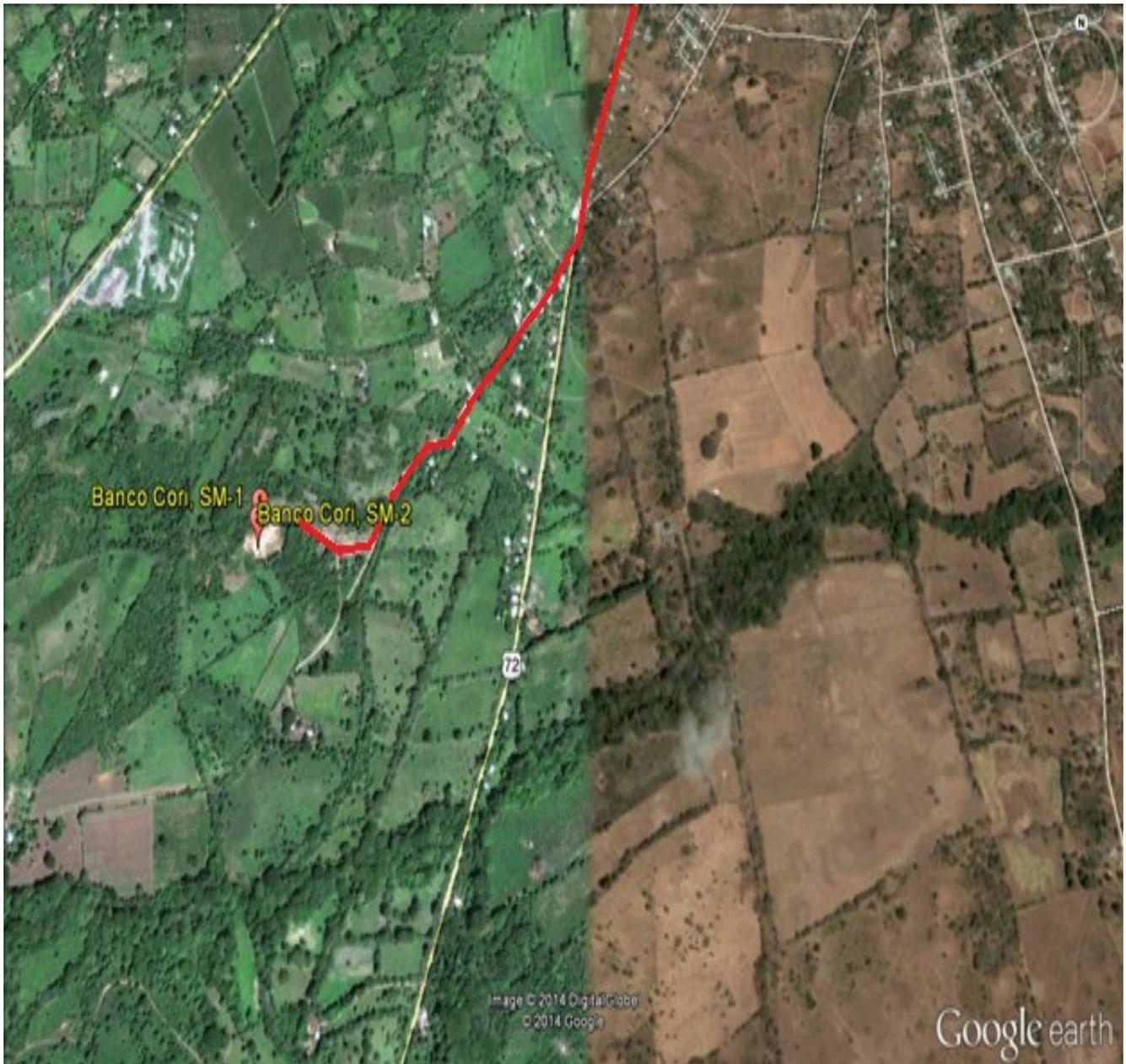


Fig. 5.3 Ubicación de banco de material Cori

Fuente: Google Earth

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS, MÉTODO MECÁNICO

Composición Granulométrica del Material Retenido en el Tamiz No 4

Tamiz No	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa por el Tamiz
2"	373.90	6	6	94
1 1/2"	185	3	9	91
1"	1065	16	25	75
3/4"	874	13	38	62
1/2"	1130	17	55	45
3/8"	544.48	8	63	34
No. 4	1090.10	16	79	21
Pasa No. 4	1440	21	100	0
Suma	6702.48	100	-	-

Tabla 5.31. Composición granulométrica del material retenido en el tamiz No 4. Banco de material Cori.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

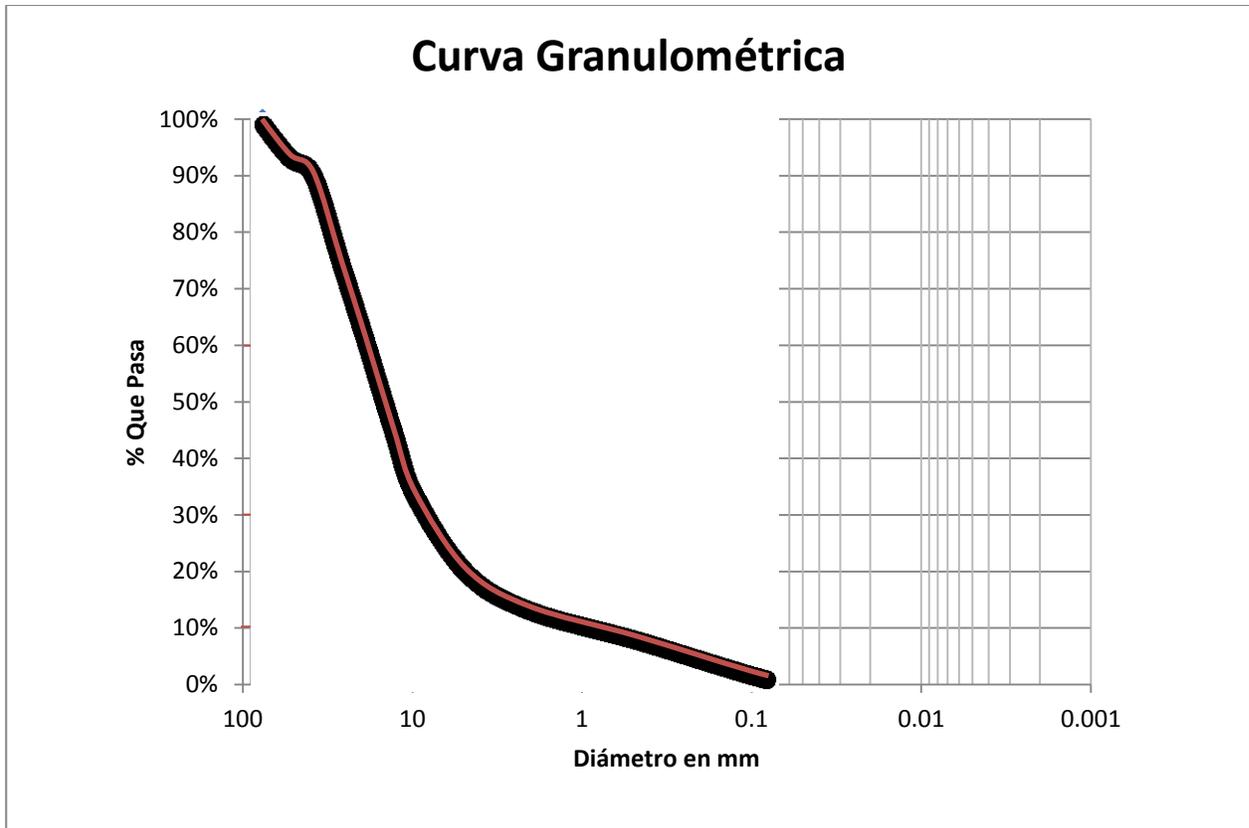
$$F_c = \frac{21}{72.7} = 0.28886$$

Composición Granulométrica del Material que Pasa el Tamiz No 4

Tamiz No	Peso Retenido Parcial en Gramos	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa por el Tamiz
10	23.6	7	86	14
40	17.2	5	91	9
200	30	8	99	1
Pasa No.200	1.9	1	100	0
Suma	72.7	21	-	-

Tabla No.5.32. Composición granulométrica del material que pasa el tamiz No 4. Banco de material Cori.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.



Grafica 5.10. Curva granulométrica del comportamiento del material del banco Cori
 Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

PESOS VOLUMÉTRICOS

Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSS.

Ensayo No.	1	2	3
Volumen del Molde (cm ³)	2831	2831	2831
Peso del Agregado Suelto (g)	3655	3685	3669
Peso Volumétrico Seco Suelto (Kg/m ³)	1291	1302	1296
Peso Volumétrico Promedio Seco Suelto (Kg/m ³)	1296		

Tabla 5.33. Ensaye de peso volumétrico seco suelto. Banco de material Cori.
 Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Peso Volumétrico Seco Compacto, PVSC.

Ensayo No.	1	2	3
Volumen del Molde (cm ³)	2831	2831	2831
Peso del Agregado Compacto (g)	4005	4007	3937
Peso Volumétrico Seco Compacto (Kg/m ³)	1415	1415	1391
Peso Volumétrico Promedio Seco Compacto (Kg/m ³)	1407		

Tabla 5.34. Ensayo de peso volumétrico seco Compacto. Banco de material Cori.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

GRAVEDAD ESPECÍFICA

Densidad Referida al Peso Seco

Ensayo No.	1	2
Frasco No.	27	27
Peso del Frasco + Agua (g)	673.5	673.5
Peso del Material en Condición SSS (g)	100	100
Total	773.5	773.5
Peso del Frasco + Material SSS + Agua (g)	731.6	730.7
Volumen desalojado (g)	41.9	42.8
Peso Seco del Material (g)	93.4	92.1
Contenido de Agua	6.6	7.9
Gravedad Específica del Material	2.23	2.15
Gravedad Específica Promedio	2.19	
Porcentaje de Absorción	7.07	8.58
Porcentaje de Absorción Promedio	7.83	

Tabla 35. Ensayo de densidad y absorción de arenas. Banco de material Cori.

Fuente. Resultados de laboratorio, DYSCONCSA.

LIMITES DE ATTERBERG

No Plástico

ENSAYE DE PRÓCTOR ESTÁNDAR

Molde No. 1 Peso:4207 g Volumen: 0,939 lts Diámetro:10.16 cm
 Peso del Martillo: 5.5. lbs Caída: 12” Golpe por Capa:25 No. de Capas: 3
 Compactación de la Muestra

Ensaye No.	1	2	3	4
Peso del Material + Molde (g)	5710	5849	6007	5937
Peso del Molde (g)	4207	4207	4207	4207
Peso del Material en el Molde (g)	1503	1642	1800	1730
Peso Volumétrico Húmedo (Kg/m³)	1601	1748	1917	1842
Peso Volumétrico Seco (Kg/m³)	1432	1521	1615	1505

Tabla 5.36. Ensaye de Próctor estándar, compactación de la muestra. Banco de material Cori.

Fuente. Resultado de laboratorio DYSCONCSA.

Contenido de Agua de la Muestra Compactada

Tara No.	X-29	X-45	P-4	B-2
Peso de la Tara + Material Húmedo (g)	307.0	326.9	388.3	422.3
Peso de la Tara +Material Seco (g)	284.3	296.7	344.3	364.8
Peso de Agua (g)	22.7	30.2	44.0	57.5
Peso de Tara (g)	91.5	94.5	108.7	108.2
Peso de Material Seco (g)	192.8	202.2	235.6	256.6
Contenido de Humedad (%)	11.8	14.9	18.7	22.4

Tabla 5.37. Ensaye de Próctor estándar, contenido de agua de la muestra compactada. Banco de material Cori.

Fuente. Resultado de laboratorio DYSCONCSA.

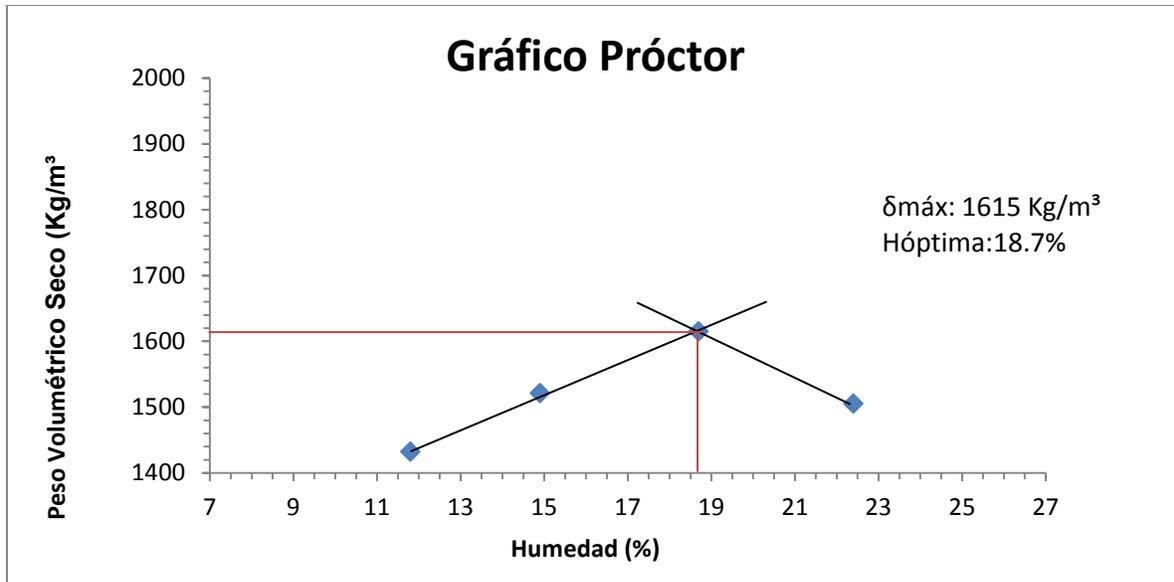


Gráfico 5.11. Peso volumétrico Vs Humedad.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

RELACIÓN DE CARGA CALIFORNIA, CBR

Peso del Martillo (lbs): 5.5

No. de Capas: 3

Altura de Caída: 12"

Molde No.	13	14	15
Altura Libre del Molde (cm)	17.80	17.80	17.80
Altura del Espécimen (cm)	11.7	11.7	11.7
Área de Base del Molde (cm ²)	181.45	181.45	181.45
Volumen del Espécimen (Its)	2.1230	2.1230	2.1230
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	1615	1615	1615
Grado de Compactación (%)	90	95	100
Humedad Óptima	18.7	18.7	18.7
Peso Volumétrico Seco por Reproducir (Kg/m ³)	1454	1534	1615

Tabla 5.38. Ensaye valor relativo de soporte, CBR. Banco de material Cori.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Comprobación de la Humedad y del Grado de Compactación

% de Humedad a Prueba	Recipiente No.	V-3	V-4	V-5
	Peso Muestra Húmeda (g)	200	200	200
	Peso Muestra Seca (g)	170.2	170.2	170.8
	Peso de Agua (g)	29.8	29.8	29.2
	Humedad Producida (%)	17.5	17.5	17.1
Peso del Material Húmedo + Molde (g)		7942	8040	8700
Peso del Molde (g)		4306	4210	4463
Peso del Material Húmedo (g)		3636	3830	4237
Peso Volumétrico Húmedo, PVH (Kg/m³)		1713	1804	1996
Peso Volumétrico Seco, PVS (Kg/m³)		1458	1535	1705
Grado de Compactación Reproducido (%)		90	95	105

Tabla 5.39. Ensaye valor relativo soporte, Grado de Compactación. Banco de material Cori.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Hinchamiento

Lectura Final (mm)	570	710	477
Lectura Inicial (mm)	467	585	415
Diferencia de lecturas (mm)	103	125	62
Hinchamiento (%)	2.2360	2.7137	1.3460
Tiempo de Saturación (hr)	96	96	96

Tabla 5.40. Ensaye valor relativo soporte, hinchamiento. Banco de material Cori.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Resumen de Resultado de Prueba de C.B.R. Saturado

Factor del Anillo de Carga: 10.2018

Carga Unitaria Patrón a la Penetración
de 0.1": 3000 Kg

Carga Unitaria Patrón a la penetración
de 0.2": 4500 Kg

Grupo	% de Capacitación Usado	Resistencia a la Penetración (Kg)							
		025"	050"	075"	100"	150"	200"	300"	400"
M-13	90	3	6	8	10	12	14	19	21
		31	61	82	102	122	143	194	214
M-14	95	8	14	20	26	32	38	50	58
		82	143	204	265	326	388	510	592
M-15	100	11	30	46	59	72	81	91	96
		112	306	469	602	735	826	928	979

Tabla 5.41. Ensaye valor relativo soporte, Carga en Kg. Banco de material Cori.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

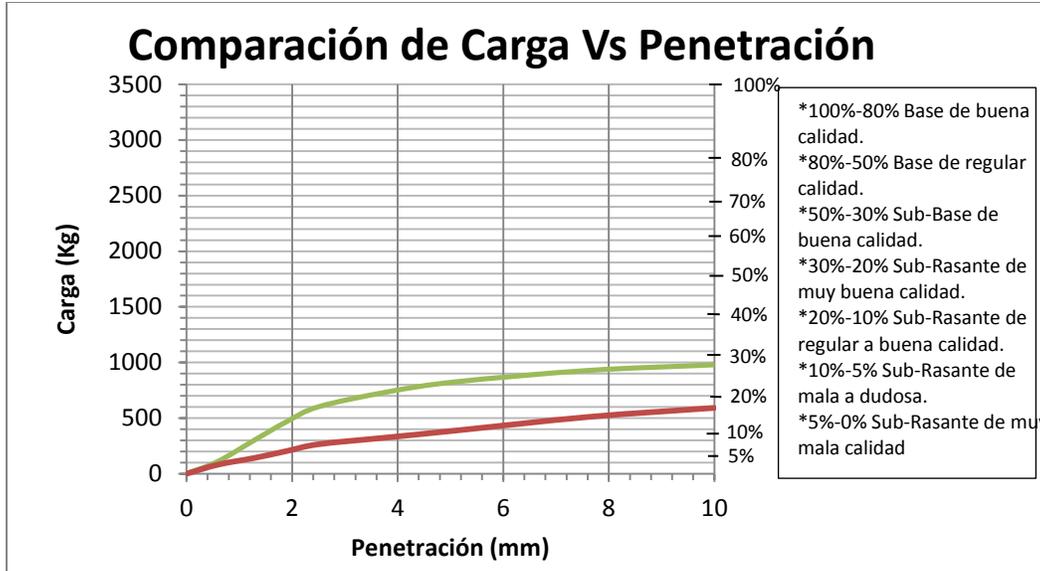


Gráfico 5.12. Comparación de carga Vs penetración

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua

Valores de Resistencia a la Penetración, valores sin corregir

Penetración		12 Golpes (MPA)	25 Golpes (MPA)	56 Golpes (MPA)
Plg	mm			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.6	0.2	0.4	0.6
0.05	1.3	0.3	0.7	1.5
0.075	1.9	0.4	1.0	2.4
0.1	2.5	0.5	1.3	3.0
0.15	3.8	0.6	1.6	3.7
0.2	5.1	0.7	2.0	4.2
0.3	7.6	1.0	2.6	4.7
0.4	10.0	1.1	3.0	4.9

Tabla 5.42. Valor relativo soporte, resistencia a la penetración. Banco de material Cori.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

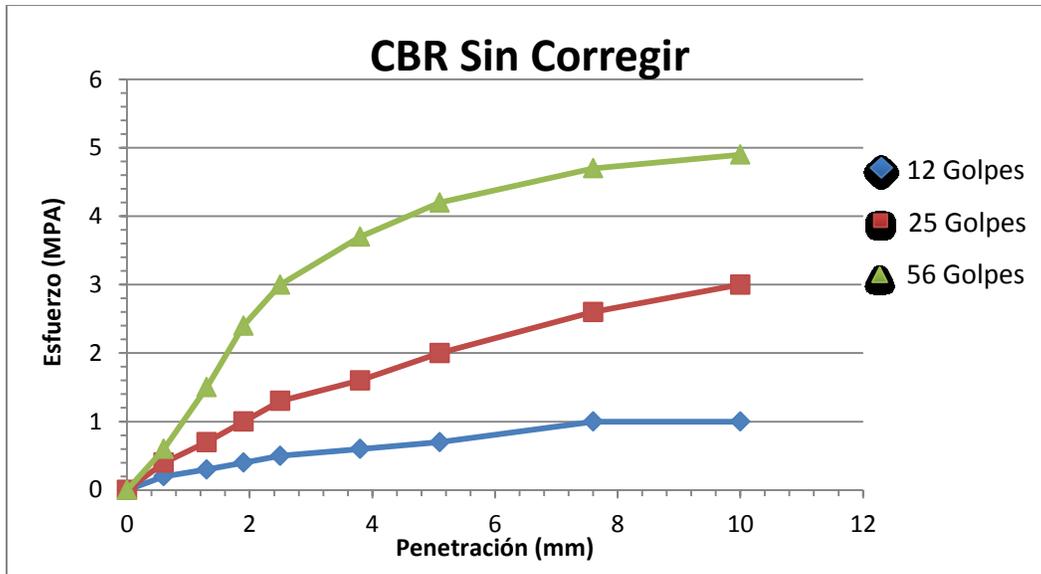


Gráfico 5.13. Diagrama de CBR, esfuerzo Vs penetración. Sin corregir

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Del diagrama de CBR, gráfico 5.13, se obtuvieron los % de CBR, de esta gráfica solamente se corrigió la curva para 56 golpes porque era la única que inicialmente tomó una curvatura cóncava hacia arriba.

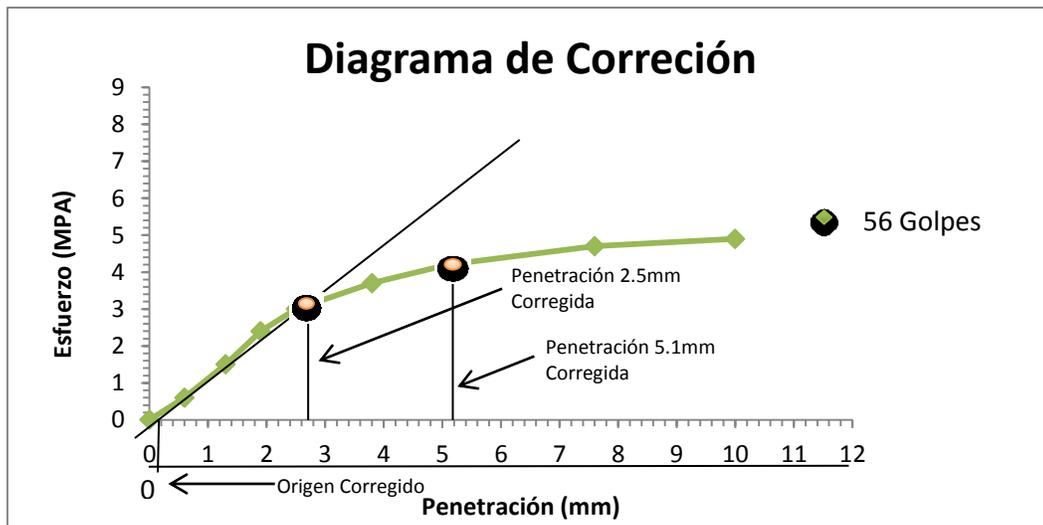


Gráfico 5.14. Diagrama de corrección para 56 golpes.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Valores de Resistencia a la Penetración, valores corregidos

Penetración		Esfuerzo (MPA)		
Plg	mm	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.6	0.2	0.4	0.8
0.05	1.3	0.3	0.7	1.8
0.075	1.9	0.4	1.0	2.6
0.1	2.5	0.5	1.3	3.1
0.15	3.3	0.6	1.6	3.8
0.2	5.1	0.7	2.0	4.3
0.3	7.6	1.0	2.6	4.8
0.4	10.0	1.1	3.0	5.0
% de CBR Obtenidos				
0.2	5.1	0.7	2.0	4.3
Carga Patrón (MPA)		10.3	10.3	10.3
% de CBR		7	19	42
% de Compactación		90	95	105

Tabla 5.43. Ensaye de valor relativo soporte, % de CBR obtenidos. Banco de material Cori.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Sondeo 1: Realizado en corte existente del banco

Sondeo 2: Realizado en un punto sin explotación

Muestra No.	Sondeo 1		Sondeo 2	
	1	2	3	4
Código de Tara	M-2	M-5	M-4	M-7
Peso de Tara (g)	104.8	100.5	110.1	100.4
Peso de Muestra Húmeda + Tara (g)	348.5	331.6	362	339

Peso Húmedo (g)	243.7	231.1	251.9	238.6
Peso de Muestra Seca + Tara (g)	325.3	306.3	319.3	320.5
Peso Seco (g)	220.5	205.8	209.2	210.1
Contenido de Humedad (%)	10.52	12.29	20.41	13.56
Contenido de Humedad Promedio	14.20			

Tabla 5.44. Ensaye de contenido de humedad. Banco de material Cori.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, DYSCONCSA.

Relaciones Volumétricas y Gravimétricas

$$\%H = 18.7\%$$

$$\gamma = 1407 \text{ Kg/m}^3$$

$$G_s = 2.19$$

Modelo Volumen Total Unitario

$$V_t = 1 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \frac{W_t}{V_t} \rightarrow W_t = \gamma * V_t$$

$$W_t = (1407 \text{ Kg/m}^3)(1 \text{ m}^3)$$

$$W_t = 1407 \text{ Kg}$$

$$\%H = \frac{W_w}{W_s} = \frac{18.7}{100} = \frac{W_w}{W_s}$$

$$0.187W_s = W_w$$

$$W_t = W_w + W_s$$

$$(1407 \text{ Kg}) = (0.187W_s) + (W_s)$$

$$1407 \text{ Kg} = 1.187W_s$$

$$W_s = \frac{1407 \text{ Kg}}{1.187} = 1185.34 \text{ Kg}$$

$$W_w = (0.187)(1185.34Kg) = 221.66Kg$$

$$G_s = \frac{W_s}{V_s * \gamma_w} \rightarrow V_s = \frac{W_s}{G_s * \gamma_w}$$

$$V_s = \frac{1185.34Kg}{(2.19)(1000 Kg/m^3)} = 0.5399m^3$$

$$V_t = V_s + V_v \rightarrow V_v = V_t - V_s$$

$$V_v = (1 - 0.5399)m^3 = 0.4601m^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0.4601m^3}{0.5399m^3} = 0.85$$

$$n = \left(\frac{e}{1 + e} \right) * 100 = \left(\frac{0.85}{1 + 0.85} \right) * 100 = 46\%$$

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \rightarrow V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{221.66Kg}{1000 Kg/m^3} = 0.2217m^3$$

$$V_v = V_a + V_w \rightarrow V_a = V_v - V_w$$

$$V_a = (0.4601 - 0.2217)m^3 = 0.2384m^3$$

$$S_r(\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100 = \frac{0.2217m^3}{0.4601m^3} * 100 = 48\%$$

Informe de Resultados del Banco de Material Rosario Norte

Granulometría		
Relación de Finos	0.11	
Coeficiente de Uniformidad	23	
Coeficiente de Curvatura	4.4	
Pesos Volumétricos		
Peso Volumétrico Seco Suelto (Kg/m ³)	1296	
Peso Volumétrico seco Compacto (Kg/m ³)	1407	
Gravedad Especifica		
Gravedad Especifica	2.19	
Absorción (%)	7.83	
Límites de Atterberg		
No Plástico		
Próctor Estándar		
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	1615	
Humedad Óptima (%)	19	
Factor de Abundamiento	1.09	
Factor de Enjuntamiento	0.87	
C.B.R.		
% de Compactación	% de Expansión	% de C.B.R.
90	2.24	9
95	2.71	19
100	1.35	42
Contenido de Humedad		
% de Humedad	14.20	
Relaciones Volumétricas y Gravimétricas		
Relación de Vacíos	0.85	
Porosidad (%)	46	
Grado de Saturación (%)	48	

Tabla 5.45. Informe de resultados de los laboratorios de suelo para el banco de material Cori.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

CAPITULO SEXTO

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1. Banco de Material Belmont

6.1.1. Comparación de la Normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios

Normativa	Especificaciones		Resultados de Laboratorios	Observaciones
ASTM	Clasificación de suelo, SUCS.	Ver anexo 1.1	%Q pasa No. 200= 1 Cu= 50 %Q pasa No. 4= 40 Cc=1.5	GW, Gravas bien graduadas, mezclas de gravas y arenas con pocos finos o sin ellos
	Base	Ver tabla 2.2	%Q pasa 2"= 96 %Q pasa No. 10= 27 %Q pasa 1"=88 %Q pasa No 40= 18 %Q. pasa 3/8= 58 %Q pasa No 200= 1 %Q pasa No. 4= 40	Bajo los criterios tanto de granulometría, plasticidad y resistencia mecánica, el material cumple con los requerimientos establecidos para base
		Ver tabla 2.3	L.L=0 C.B.R=69-83 I.P=0 PVSC=1416	
	Revestimiento de Caminos	Ver tabla 2.4	%Q pasa 2"= 96 %Q pasa No. 10= 27 %Q pasa 1"=88 %Q pasa No 40= 18 %Q. pasa 3/8= 58 %Q pasa No 200= 1 %Q pasa No. 4= 40	Según los criterios de granulometría y plasticidad el material cumple con la normativa para revestimiento de caminos.
Ver tabla 2.5		L.L= 0 I.P=0		

Tabla 6.1. Comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material Belmont.

Fuente. Fuente propia. Managua-Nicaragua.

Normativa	Especificaciones		Resultados de Laboratorios	Observaciones
AASTHO	Explanada y Sub-rasante	%Q pasa No 10= 50max %Q pasa No 40= 30max %Q pasa No 200= 15max I.P= 6max I.G=0	%Q pasa No. 10= 27 %Q pasa No 40= 18 %Q pasa No 200= 1 I.P=0 I.G=0	Se clasifica como A-1-a(0) presentando una calidad excelente, siendo altamente estable bajo condiciones críticas debido a su índice de grupo
NIC-2000	Sub-Base	Ver tabla 2.6	%Q pasa 1½"= 95 %Q pasa No. 4= 40 %Q pasa No 200= 1	Bajo los criterios tanto de granulometría y plasticidad el material cumple con la normativa, sin embargo no cumple en cuanto a la resistencia mecánica requerimientos establecidos para sub-base
		Ver tabla 2.7	L.L=0 I.P=0 C.B.R=69-83	
Laboratorio IDISA	Base, Sub-Base y Sub-Rasante	Ver anexo 1.3	Carga Vs Penetración para C.B.R. a 95% de compactación=59% Carga Vs Penetración para C.B.R. a 100% de compactación=79%	De acuerdo a esta comparación podemos decir que el material puede ser usado como base de calidad regular.

Tabla 6.1. Continuación de la tabla 6.1, comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material Belmont.

Fuente. Fuente propia. Managua-Nicaragua.

6.1.2. Interpretación de Resultados

Las muestras obtenidas del banco de material Belmont presentan el 60% de grava, 39% de arena y 1% de finos. Según el método SUCS (ASTM) Es una grava bien graduada, GW debido a que posee un porcentaje de finos menor al 5%, un $C_u > 4$ y un C_c entre 1 y 3, rangos que determinan al material como bien o mal graduado. Por otro lado, de acuerdo al método HRB (AASHTO), el material se encuentra dentro del subgrupo A-1-a (0), que al igual el método SUCS, clasifica al material como una mezcla de grava y arena con poco fino o sin ellos. Conforme a las clasificaciones obtenidas y sobre todo a su concordancia, el material es apto para la construcción de base en la estructura de pavimento.

En cuanto al ensaye de pesos volumétricos, este indico que el material en estudio, es una material denso con un porcentaje bajo de porosidad, el cual se ve reflejado en los datos obtenidos; 1578 Kg/m^3 para peso volumétrico seco suelto y 1649 Kg/m^3 para peso volumétrico seco compacto. Considerando además que según el ASTM en su especificación de material para base, establece un PVSC mínimo de 1121 Kg/m^3 , lo cual indica que nuestro PVSC encontrado se encuentra dentro de la normativa para dicho uso.

Se obtuvo un valor de gravedad específica de 2.34, valor promedio, el cual según la tabla de densidad de suelos, tabla 2.13, este material es de origen volcánico pero al no coincidir con las características físicas y mecánicas, se dedujo que este podría presentar pequeñas partículas con origen volcánico. Por medio de este valor se obtuvo la relación de vacíos del suelo, dato que es menos útil en la práctica, debido a que, según Terzaghi, es utilizado comúnmente para suelos finos, el cual no es el caso.

Por medio del ensaye de los límites de Atterberg se pudo dar cuenta que el material es un suelo no plástico, ya que la realización tanto del límite líquido como del límite plástico se hizo imposible su determinación, a pesar de haberse tratado de realizar el ensaye dos veces.

En cuanto a la realización del ensaye de Próctor Estándar, se obtuvo un valor de peso volumétrico seco máximo de 1861 Kg/m^3 lo cual indica la buena compactación que se logró, alcanzando una humedad óptima de 14%. Cabe destacar que el material durante el proceso de este ensaye, compactación e incremento de humedad, se comportó de manera moldeable, reflejándose esto en el valor de densidad máxima obtenido.

El factor de abundamiento y enjuntamiento del suelo corresponden a, 1.04 y 0.88 respectivamente, valores que se obtuvieron por medio del ensaye de Próctor estándar y los pesos volumétricos suelto y compacto. De acuerdo al factor de abundamiento encontrado podemos decir que es un material que rápidamente logra compactarse, debido a su bajo factor de abundamiento, lo cual es propio de las arenas y gravas y que según la tabla 2.9 el material corresponde a un suelo de este tipo.

Se encontraron además valores de CBR para porcentajes de compactación de 90, 95 y 100%, obteniendo valores de 35, 69 y 83, los cuales según las tablas 2.1 y 2.8 de clasificación y uso de suelos según valores de CBR, indican que es un suelo de buena calidad para ser usado como base en la estructura de pavimento, lo cual es propio para suelos con clasificación GW y A-1-a, como es el caso de este material. En cuanto al comportamiento del material ante las propiedades expansivas, se obtuvo un valor máximo de hinchamiento de 0.95%, el cual según las especificaciones³ establecen que los materiales de préstamo para sub-base deben tener expansiones menores del 2% y para su uso como base su expansión debe ser menor del 1%, por tanto según esta propiedad, este material podría ser usado para ambos fines. Si comparamos el hinchamiento respecto al CBR, ver tabla 2.16, podemos decir que entre el CBR y el hinchamiento hay una concordancia entre sus valores.

³Ing. Luis Chang Chang

Laboratorio Geotécnico

Centro peruano de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID)

6.2. Banco de Material Rosario Norte

6.2.1. Comparación de la normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios

Normativa	Especificaciones		Resultados de Laboratorios	Observaciones
ASTM	Clasificación de suelo, SUCS.	Ver anexo 1.1	%Q pasa No. 200= 1 Cu= 44 %Q pasa No. 4= 53 Cc=0.44	SP, Arena mal graduada, arenas con gravas con pocos finos o sin ellos
	Base	Ver tabla 2.2	%Q pasa 2"= 100 %Q pasa No. 10= 42 %Q pasa 1"=88 %Q pasa No 40= 25 %Q. pasa 3/8= 64 %Q pasa No 200= 1 %Q pasa No. 4= 53	Bajo los criterios de granulometría y plasticidad el material cumple con los requerimientos establecidos para base, sin embargo en cuanto a la resistencia mecánica el material no cumple para dicho uso.
		Ver tabla 2.3	L.L=0 C.B.R=13-65 I.P=0 PVSC=1626	
	Revestimiento de Caminos	Ver tabla 2.4	%Q pasa 2"= 100 %Q pasa No. 10= 42 %Q pasa 1"=88 %Q pasa No 40= 25 %Q. pasa 3/8= 64 %Q pasa No 200= 1 %Q pasa No. 4= 53	Según los criterios de granulometría el material no cumple, pero en cuanto a plasticidad el material cumple con la normativa para revestimiento de caminos.
		Ver tabla 2.5	L.L= 0 I.P=0	

Tabla 6.2. Comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material Rosario Norte.

Fuente. Fuente propia. Managua-Nicaragua.

Normativa	Especificaciones		Resultados de Laboratorios	Observaciones
AASTHO	Explanada y Sub-rasante	%Q pasa No 40= 50max %Q pasa No 200= 25max I.P= 6max I.G=0	%Q pasa No 40= 25 %Q pasa No 200= 1 I.P=0 I.G=0	Se clasifica como A-1-b(0) presentando una calidad excelente, siendo altamente estable bajo condiciones críticas debido a su índice de grupo
NIC-2000	Sub-Base	Ver tabla 2.6	%Q pasa 1½”= 99 %Q pasa No. 4= 53 %Q pasa No 200= 1	Bajo los criterios tanto de granulometría y plasticidad el material cumple con la normativa, sin embargo no cumple en cuanto a la resistencia mecánica requerimientos establecidos para sub-base
		Ver tabla 2.7	L.L=0 I.P=0 C.B.R=13-65	
Laboratorio IDISA	Base, Sub-Base y Sub-Rasante	Ver anexo 1.3	Carga Vs Penetración para C.B.R. a 95% de compactación=11% Carga Vs Penetración para C.B.R. a 100% de compactación=48%	De acuerdo a esta comparación podemos decir que el material al 95% de compactación puede ser usado como sub-rasante, y con una compactación del 100% se puede usar como sub-base de buena calidad.

Tabla 6.2. Continuación de la tabla 6.2, comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material Rosario Norte.

Fuente. Fuente propia. Managua-Nicaragua.

6.2.2. Interpretación de Resultados

Las muestras obtenidas del banco de material el Rosario Norte presentan el 47% de grava, 52% de arena y 1% de finos. Según el método SUCS (ASTM) Es una arena mal graduada, SP, debido a que posee un porcentaje de finos menor al 5%, un $C_u > 4$ y un C_c fuera de los límites de 1 y 3, rangos que determinan al material como bien o mal graduado. Por su parte, de acuerdo al método HRB (AASHTO), el material se encuentra dentro del sub-grupo A-1-b (0), que al igual el método SUCS, clasifica al material como una arena con grava con poco fino o sin ellos. Conforme a las clasificaciones obtenidas y sobre todo a su concordancia, el material puede ser utilizado tanto como base o como sub-base

En cuanto al ensaye de pesos volumétricos, este indico que el material en estudio, es una material denso, a pesar de que su porcentaje de porosidad no es tan bajo, 42%, el cual se ve reflejado en los valores obtenidos; 1456 Kg/m^3 para peso volumétrico seco suelto y 1626 Kg/m^3 para peso volumétrico seco compacto. Considerando además que según el ASTM en su especificación de material para base, establece un PVSC mínimo de 1121 Kg/m^3 , lo cual indica que nuestro PVSC encontrado se encuentra dentro de la normativa para dicho uso.

Se obtuvo un valor de gravedad específica de 2.36, valor promedio, el cual según la tabla de densidad de suelos, tabla 2.13, este material al igual que el banco de material Belmont indica que es un suelo de origen volcánico pero al no coincidir con las características físicas y mecánicas, se dedujo que este podría presentar pequeñas partículas con origen volcánico. Por medio de este valor se nos facilitó la obtención de la relación de vacíos del suelo.

Por medio del ensaye de los límites de Atterberg pudo dar cuenta que el material es un suelo no plástico, ya que la realización tanto del límite líquido como del límite plástico se hizo imposible su determinación, a pesar de haberse tratado de realizar el ensaye dos veces.

En cuanto a la realización del ensaye de Próctor Estándar, se obtuvo un valor de peso volumétrico seco máximo de 1621 Kg/m³ valor que no refleja una buena compactación, alcanzando una humedad óptima de 19%. Cabe destacar que el material durante el proceso de este ensaye, compactación e incremento de humedad, se comportó de manera moldeable, reflejándose esto en el valor de densidad máxima obtenido.

El factor de abundamiento y enjuntamiento del suelo corresponden a, 1.12 y 0.98 respectivamente, valores que se obtuvieron por medio del ensaye de Próctor estándar y los pesos volumétricos suelto y compacto. De acuerdo al factor de abundamiento encontrado podemos decir que es un material que rápidamente logra compactarse, debido a su bajo factor de abundamiento, lo cual es propio de las arenas y gravas y que según la tabla 2.9 el material corresponde a un suelo de este tipo.

Se encontraron además valores de CBR para porcentajes de compactación de 90, 95 y 100%, obteniendo valores de 10, 13 y 65, los cuales según las tablas 2.1 y 2.8 de clasificación y uso de suelos según valores de CBR, indican que es un suelo de buena calidad para ser usado como sub-base en la estructura de pavimento, lo cual es propio para suelos con clasificación SP y A-1-b, como es el caso de este material. En cuanto al comportamiento del material ante las propiedades expansivas, se obtuvo un valor máximo de hinchamiento de 1.57%, el cual según las especificaciones establecen que los materiales de préstamo para sub-base deben tener expansiones menores del 2% y para su uso como base su expansión debe ser menor del 1%, por tanto según esta propiedad, este material podría ser usado como sub-base, como lo especifican las demás normas. Si comparamos el hinchamiento respecto al CBR, ver tabla 2.16, podemos decir que entre el CBR y el hinchamiento hay una concordancia entre sus valores.

6.3. Banco de Material Cori

6.3.1. Comparación de la Normativa con los Resultados Obtenidos en los Laboratorios

Normativa	Especificaciones		Resultados de Laboratorios	Observaciones
ASTM	Clasificación de suelo, SUCS.	Ver anexo 1.1	%Q pasa No. 200= 1 Cu= 23 %Q pasa No. 4= 21Cc= 4.4	GP, Grava mal graduada, con mezclas de arenas y gravas con pocos finos o sin ellos
	Base	Ver tabla 2.2	%Q pasa 2"= 94 %Q pasa No. 10= 14 %Q pasa 1"=75 %Q pasa No 40= 9 %Q. pasa 3/8= 34 %Q pasa No 200= 1 %Q pasa No. 4= 21	Bajo los criterios de granulometría, plasticidad y resistencia mecánica el material no cumple con los requerimientos establecidos para ser empleado como base.
		Ver tabla 2.3	L.L=0 C.B.R=19-42 I.P=0 PVSC=1407	
	Revestimiento de Caminos	Ver tabla 2.4	%Q pasa 2"= 94 %Q pasa No. 10= 14 %Q pasa 1"=75 %Q pasa No 40= 9 %Q. pasa 3/8= 34 %Q pasa No 200= 1 %Q pasa No. 4= 21	Según los criterios de granulometría el material no cumple, pero en cuanto a plasticidad el material cumple con la normativa para revestimiento de caminos.
Ver tabla 2.5		L.L= 0 I.P=0		

Tabla 6.3. Comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material Cori.

Fuente. Fuente propia. Managua-Nicaragua.

Normativa	Especificaciones		Resultados de Laboratorios	Observaciones
AASTHO	Explanada y Sub-rasante	%Q pasa No 40= 50max %Q pasa No 200= 25max I.P= 6max I.G=0	%Q pasa No 40= 9 %Q pasa No 200= 1 I.P=0 I.G=0	Se clasifica como A-1-b(0) presentando una calidad excelente, siendo altamente estable bajo condiciones críticas debido a su índice de grupo
NIC-2000	Sub-Base	Ver tabla 2.6	%Q pasa 1½"= 91 %Q pasa No. 4= 21 %Q pasa No 200= 1	Bajo los criterios tanto de granulometría como de plasticidad y resistencia mecánica, el material no cumple con los requerimientos establecidos para sub-base
		Ver tabla 2.7	L.L=0 I.P=0 C.B.R=19-42	
Laboratorio IDISA	Base, Sub-Base y Sub-Rasante	Ver anexo 1.3	Carga Vs Penetración para C.B.R. a 95% de compactación=18% Carga Vs Penetración para C.B.R. a 100% de compactación=28%	De acuerdo a esta comparación podemos decir que el material puede ser usado como sub-rasante de buena calidad.

Tabla 6.3. Continuación de la tabla 6.3, comparación de la normativa con los resultados obtenidos en los laboratorios para el banco de material Cori.

Fuente. Fuente propia. Managua-Nicaragua.

6.3.2. Interpretación de Resultados

Las muestras obtenidas del banco de material Cori presentan el 79% de grava, 20% de arena y 1% de finos. Según el método SUCS (ASTM) Es una grava mal graduada, GP, debido a que posee un porcentaje de finos menor al 5%, un $C_u > 4$ y un C_c fuera de los límites de 1 y 3, rangos que determinan al material como bien o mal graduado. Por su parte, de acuerdo al método HRB (AASHTO), el material se encuentra dentro del subgrupo A-1-b (0), que al igual el método SUCS, clasifica al material como una arena con grava con poco fino o sin ellos. Conforme a las clasificaciones obtenidas y sobre todo a su concordancia, el material puede ser utilizado tanto como base o como sub-base

En cuanto al ensaye de pesos volumétricos, este indico que el material en estudio, es un material poco denso, con un porcentaje de porosidad alto, 46%, el cual se ve reflejado en los valores obtenidos; 1296 Kg/m^3 para peso volumétrico seco suelto y 1407 Kg/m^3 para peso volumétrico seco compacto. Pese a que su PVSC es menor respecto a los dos bancos anteriores este cumple con los requerimientos de material pasa base respecto al ASTM, que considera un peso volumétrico mínimo de 1121 Kg/m^3 .

Se obtuvo un valor de gravedad específica de 2.19, valor promedio, el cual según la tabla de densidad de suelos, tabla 2.13, indica que es un suelo de origen volcánico pero al no coincidir con las características físicas y mecánicas, se dedujo que este podría presentar pequeñas partículas con origen volcánico. Cabe destacar que los tres bancos en estudio presentan la misma particularidad de ser de origen volcánico, esto puede deberse a la ubicación de los bancos. Por medio del valor de gravedad específica obtuvimos también la relación de vacíos del suelo.

Por medio del ensaye de los límites de Atterberg se pudo dar cuenta que el material es un suelo no plástico, ya que la realización tanto del límite líquido como del límite plástico se hizo imposible su determinación, a pesar de haberse tratado de realizar el ensaye dos veces.

En cuanto a la realización del ensaye de Próctor Estándar, se obtuvo un valor de peso volumétrico seco máximo de 1615 Kg/m³ valor que no refleja una buena compactación, alcanzando una humedad óptima de 19%. Cabe destacar que el material durante el proceso de este ensaye, compactación e incremento de humedad, se comportó de manera moldeable, reflejándose esto en el valor de densidad máxima obtenido.

El factor de abundamiento y enjuntamiento del suelo corresponden a, 1.09 y 0.87 respectivamente, valores que se obtuvieron por medio del ensaye de Próctor estándar y los pesos volumétricos suelto y compacto. De acuerdo al factor de abundamiento encontrado podemos decir que es un material que rápidamente logra compactarse, debido a su bajo factor de abundamiento, lo cual es propio de las arenas y gravas y que según la tabla 2.9 el material corresponde a un suelo de este tipo.

Se encontraron además valores de CBR para porcentajes de compactación de 90, 95 y 100%, obteniendo valores de 9, 19 y 42, los cuales según las tablas 2.1 y 2.8 de clasificación y uso de suelos según valores de CBR, indican por una parte que puede ser usado con sub-rasante de buena calidad y por otro lado como sub-base de buena calidad en la estructura de pavimento, lo cual es propio para suelos con clasificación GP y A-1-b, como es el caso de este material. En cuanto al comportamiento del material ante las propiedades expansivas, se obtuvo un valor máximo de hinchamiento de 2.71%, el cual según las especificaciones establecen que los materiales de préstamo para sub-base deben tener expansiones menores del 2% y para su uso como base su expansión debe ser menor del 1%, por tanto según esta propiedad, este material no podría ser usado ni como sub-base, ni como base, por tanto se concluyó que el material es apto para ser empleado como capa sub-rasante como una clasificación de buena calidad. Si comparamos el hinchamiento respecto al CBR, ver tabla 2.16, podemos decir que entre el CBR y el hinchamiento no existe una relación entre sus valores.

CAPITULO SEPTIMO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- ✓ La realización de este trabajo tuvo el apoyo de la alcaldía del municipio de Rivas, como principal interesada de que esta tesis se desarrollara. El apoyo recibido fue de gran ayuda para encaminar este trabajo hacia el objetivo principal, como es el análisis de la calidad de los bancos encontrados en esta región la cual carecía de un estudio que respaldara el uso que actualmente le están dando, pero hay que recalcar que solo se obtuvo información por medio de una entrevista y con pocas respuestas por parte del ingeniero de proyecto de la alcaldía, esto debido a lo que como se mencionó anteriormente, falta de estudio de la situación actual de estos bancos.

- ✓ La realización del estudio topográfico, confirmo lo que se había expuesto con anterioridad en las bitácoras de campo referente a que si eran lo suficientemente explotables o no, habiéndose determinado esto por medio de lo que se apreció a simple vista el día de la extracción de muestra. El banco de material Belmont cuenta con un volumen aproximado de 302,688.99 m³, para una vida útil de aproximadamente 69 años, lo que dejo en claro que es un banco con un volumen considerable con mucho tiempo por explotar. Por su parte el banco de material Rosario Norte cuenta con un volumen de 51,499.08 m³ y una vida útil aproximadamente de 12 años, lo que nos lleva a concluir que este banco no cuenta con el suficiente volumen como para ser explotado por mucho tiempo, este el banco más chico de los tres en estudio. En cuanto al banco de material Cori, el estudio topográfico realizado arrojó datos de 205,545.68 m³ para volumen utilizable y 40 años como vida útil, este banco es el más grande de los tres en estudio

- ✓ Las propiedades físicas y mecánicas del suelo que se valoraron para cada uno de los bancos de materiales, fueron textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje y consistencia. Una parte de estas propiedades se determinaron por medio de los ensayos de laboratorio y otra parte se determinó en la visita de campo realizada para cada banco. Siendo así, se llegó a la conclusión de:

Banco de Material Belmont: Comportamiento mecánico excelente, con asentamientos pequeños cuando el material es compactado adecuadamente, posee resistencia excelente al corte en estado compacto y saturado. Es un material no plástico, posee una muy buena capacidad de drenaje y no es susceptible al agrietamiento, ni a la licuación cuando se está bien compactado. Es un suelo permeable en estado compacto y su manejabilidad es muy buena lo que lo hace que su facilidad de tratamiento en obra sea excelente.

Banco de Material Rosario Norte: Comportamiento mecánico bueno, y al igual que el banco de material anterior, presenta asentamientos pequeños cuando se compacta de manera adecuada, la resistencia al corte en estado compactado y saturado es buena. Es un material no plástico y no es susceptible ni al agrietamiento, ni a la licuación cuando se está bien compactado. Es un suelo permeable en estado compacto, la manejabilidad del material es buena y la facilidad de tratamiento en la obra es regular.

Banco de Material Cori: Comportamiento mecánico bueno, presentando asentamientos pequeños cuando se es compactado adecuadamente, la resistencia al corte en estado compacto y saturado es buena. El material es un suelo no plástico y no es susceptible ni al agrietamiento ni a la licuación cuando el material se encuentra bien compactado. Es un suelo permeable en estado compacto, su manejabilidad es muy buena, haciendo que su facilidad de tratamiento en la obra sea buena.

- ✓ Los bancos de materiales analizados en el municipio de Rivas presentaban visiblemente buenas características, pero por medio de la realización de ensayos de laboratorio para determinar técnicamente sus características y conocer en qué condiciones podrían ser utilizados para la construcción de estructuras de pavimentos. Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se concluyó que el material de los tres bancos en estudio presentan diferentes características para conformar la estructura de pavimento, dos de los bancos de materiales, Rosario Norte y Cori no cumplen con los valores especificados en las normas internacionales que se tomaron de referencia, esto no significa que estos materiales sean de muy baja calidad, sino que, estos dos bancos con respecto al banco de material Belmont, son los que menos cumplen con estas especificaciones, entre las que se mencionan, CBR inferiores a lo establecido y

granulometrías que requieren ser mejoradas, por lo tanto deben de ser estabilizados, para lo cual se optó tratarlos químicamente con porcentajes de cemento portland analizados en el laboratorio. Con el uso de este estabilizante se mejoró las características mecánicas.

Banco de Material Belmont: El suelo analizado extraído de este banco de material, presentó las mejores propiedades mecánicas, por ende es el banco con mejor calidad para ser usado en su estado natural sin la necesidad de ser estabilizado químicamente. En su condición natural, este suelo puede ser utilizado para conformar la base en la estructura de pavimento con un excelente desempeño bajo condiciones críticas. Además de esto, según la normativa funciona en óptimas condiciones para ser usado en los revestimientos de caminos. El uso de estabilizante, cemento portland tipo I, mejoraría aún más calidad de este material, pero se consideró que este banco no amerita ningún químico para ser parte de la estructura de pavimento.

Banco de Material Rosario Norte: El uso de este banco de material no está definido según la normativa. En caso de ser utilizado como base este cumple según granulometría y plasticidad, pero en cuanto a resistencia mecánica este queda muy por debajo de la normativa. Lo mismo se presenta al ser utilizado como sub-base por tanto se llegó a la conclusión que el problema del material radica en su resistencia mecánica. Este material al ser compactado al 100% puede ser utilizado como sub-base de buena calidad en la construcción de estructura de pavimento. La estabilización química de este material es una necesidad si se requiere ser utilizado como base o simplemente mejor la calidad de buena a excelente como sub-base.

Banco de Material Cori: Este banco de material es el que presenta las propiedades más carentes de los dos bancos, su calidad es regular y según las especificaciones de las normativas usadas, este material para lo único en lo funciona muy bien en su estado natural es como sub-rasante. Este material no tiene una buena granulometría y su resistencia mecánica se encontró inferior a lo establecido. Es uso de estabilizante es una necesidad si se desea usar este material como base, sub-base o revestimiento de camino.

7.2. Recomendaciones

7.2.1. Recomendaciones Específicas

Banco de Material Rosario Norte

Considerando que el problema que afecta a este material son los valores inferiores de C.B.R. y presentando granulometría aceptable y el ser un suelo no plástico, se recomienda:

Estabilizar el suelo analizado con un % de cemento Portland tipo I menor que el 5%, ya que si se estabiliza con el 5% se alcanzan valores de C.B.R. del 97% para una compactación de 95% y 116% para compactación de 100%. Con estos valores el suelo puede ser usado como base de excelente calidad. El porcentaje de cemento usado estará designado de acuerdo al uso que se le dará en la estructura de pavimento.

Banco de Material Cori

Debido a su mala granulometría y resistencia mecánica inferior a lo establecido se recomienda:

Estabilizar el suelo con un 5.5% o menos de cemento Portland tipo I, ya que con este porcentaje usado se alcanzaron valores de C.B.R. del 83% para una compactación de 95% y 93% para una compactación del 100%, con estos valores de C.B.R. alcanzados el suelo aumenta considerablemente sus propiedades mecánicas. El porcentaje de cemento usado estará designado de acuerdo al uso que se le dará en la estructura de pavimento.

7.2.2. Recomendaciones Generales

Las investigaciones geotécnicas de este tipo merecen la dedicación técnica y económica tanto de las empresas como de las instituciones interesadas en la construcción de carreteras o en el conocimiento de los suelos predominantes para una determinada zona, por tal razón se recomienda profundizar en este tipo de investigaciones y tener un criterio más amplio del uso de estos bancos de materiales, de esta manera ir formando una base de datos para cada uno de los bancos existentes. Se recomienda retomar el tema tanto por las instituciones gubernamentales de la rama de obras públicas como instituciones educativas, universidades, con el objeto de conocer antes de desarrollar un proyecto vial la calidad de los materiales predominante de la zona en la que será ejecutado el proyecto, garantizando de esta manera la calidad y duración de estos proyectos.

Asimismo se recomienda considerar la generación de especificaciones técnicas propias de nuestro país, adecuando cada una de estas a las condiciones de nuestro medio, apoyados siempre con las especificaciones técnicas internacionales que rigen los trabajos dentro de la buena práctica de la ingeniería y específicamente a los proyectos viales

BIBLIOGRAFIA

Bowles; Joseph. Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil. 2da edición. Editorial McGraw Hill (1981).

Barahona González Flora; Benítez Gómez Suleyma; Calderón Manzano Fernando. Análisis de los bancos de material en el departamento de San Miguel, para la construcción de base en la estructura de pavimentos. El Salvador. 2003

Cano Néstor; Hurtado Johnston; Molina Alexa. Propiedades físicas y mecánicas del material selecto y escoria volcánica (hormigón) provisto por los frentes de explotación activos en los bancos de préstamos: San Isidro Libertador, La Veta, Mina Sandino y Cerro Talpetate, utilizado en obras horizontales en el departamento de Managua. Managua, Nicaragua. Nicaragua. 2011.

George B. Sower. Introducción a la mecánica de suelos y cimentación. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 1990.

Jofre Carlos; Kraemer Carlos. Manual de estabilización de suelos con cemento o cal. IECA. España. 2009

Juárez B.E & Rico R.A. Mecánica de suelos I, II Fundamentos de la mecánica de suelos. 2da edición. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V. 2007.

Kraemer C., Pardillo J. Ingeniería de carreteras. 2vols. McGraw Hill. México, D.F. 2003.

Ley No. 05021-2002. Normas técnicas para el aprovechamiento de los bancos de materiales de préstamos para la construcción.

GLOSARIO

Banco de material: Lugar donde se extraerá material para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer la clase o clases de suelos existentes en dicha zona, así como el volumen aproximado de material o materiales, que pueden ser excavable, removibles y utilizables.

Base: Capa intermedia entre la sub-base y la superficie de rodadura. Generalmente se usa en los pavimentos flexibles. Se compone de materiales pétreos con buena distribución granulométrica.

Carpeta: Superficie de rodamiento, construidos con materiales endurecidos para minimizar los esfuerzos hacia la terracería.

Capacidad de drenaje: Es la capacidad de movimiento del agua en un suelo a capacidad de campo, por lo que se mide en dichas condiciones y es función de textura, estructura, etc.

C.B.R.: Está definido como la fuerza requerida para que un pistón penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad.

Cohesión: Adherencia, fuerza que une las moléculas de un cuerpo.

Compacidad: calidad de compactado, estructura poco porosa.

Compactación: Proceso mecánico por medio del cual reduce el volumen de los materiales en un tiempo relativamente corto, con el fin de que sea resistente.

Compresibilidad: Calidad de compresible. A mayor límite líquido mayor compresibilidad. Indica el porcentaje de reducción en el volumen del suelo, debido a pérdida de parte del agua entre sus gramos cuando está sometido a una presión.

Consistencia: Es el grado de resistencia de un suelo a fluir o deformarse. Con poca humedad los suelos se disgregan fácilmente, con más humedad los suelos se tornan más plásticos.

Densidad: Compactado, muy pesado en relación con su volumen.

Estructura: Disposición o arreglo de las partículas fundamentales del suelo (arena, limo y arcilla). Se conocen diferentes tipos y sub-tipos de estructuras: granular, laminar, su-angular y prismática.

Exploración: Acción que se realiza con la finalidad de determinar las condiciones del sub-suelo y sus propiedades físicas, índice y mecánica.

Estabilización: Mezcla de dos o más materiales para que este presente las propiedades deseables.

Humedad óptima: porcentaje de agua necesaria en el momento de la compactación, previamente en un laboratorio.

Licuación: Es el proceso que conduce a la pérdida de firmeza o rigidez del suelo. Este fenómeno estas principalmente, mas no exclusivamente, asociado con suelos saturados poco cohesivos.

Muestra: Cantidad de material necesario para realizar todas las pruebas de laboratorio y aun repetir las incorrectas o aquellas cuyos resultados son dudosos.

Pavimento: Capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y texturas apropiadas, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las capas inferiores los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

Permeabilidad: Facilidad con que atraviesa el agua a una masa porosa.

Propiedades índices: Son propiedades de carácter cualitativo, dadas por características físicas. Las cuales arrojan una idea del comportamiento mecánico del suelo. Estas propiedades son: propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Propiedades Físicas: son las propiedades que describen el estado que guardan las partículas componentes del suelo, que definen su apariencia.

Propiedades mecánicas: son de carácter cuantitativo. Estas propiedades mecánicas describen el comportamiento de los suelos bajo esfuerzos inducidos y cambios del medio ambiente.

Sub-base: Es una capa de materiales pétreos, de buena granulometría, construida sobre la sub-rasante. Esta capa es la que subyace a la capa base, cuando esta es necesaria, como en el caso de los pavimentos flexibles.

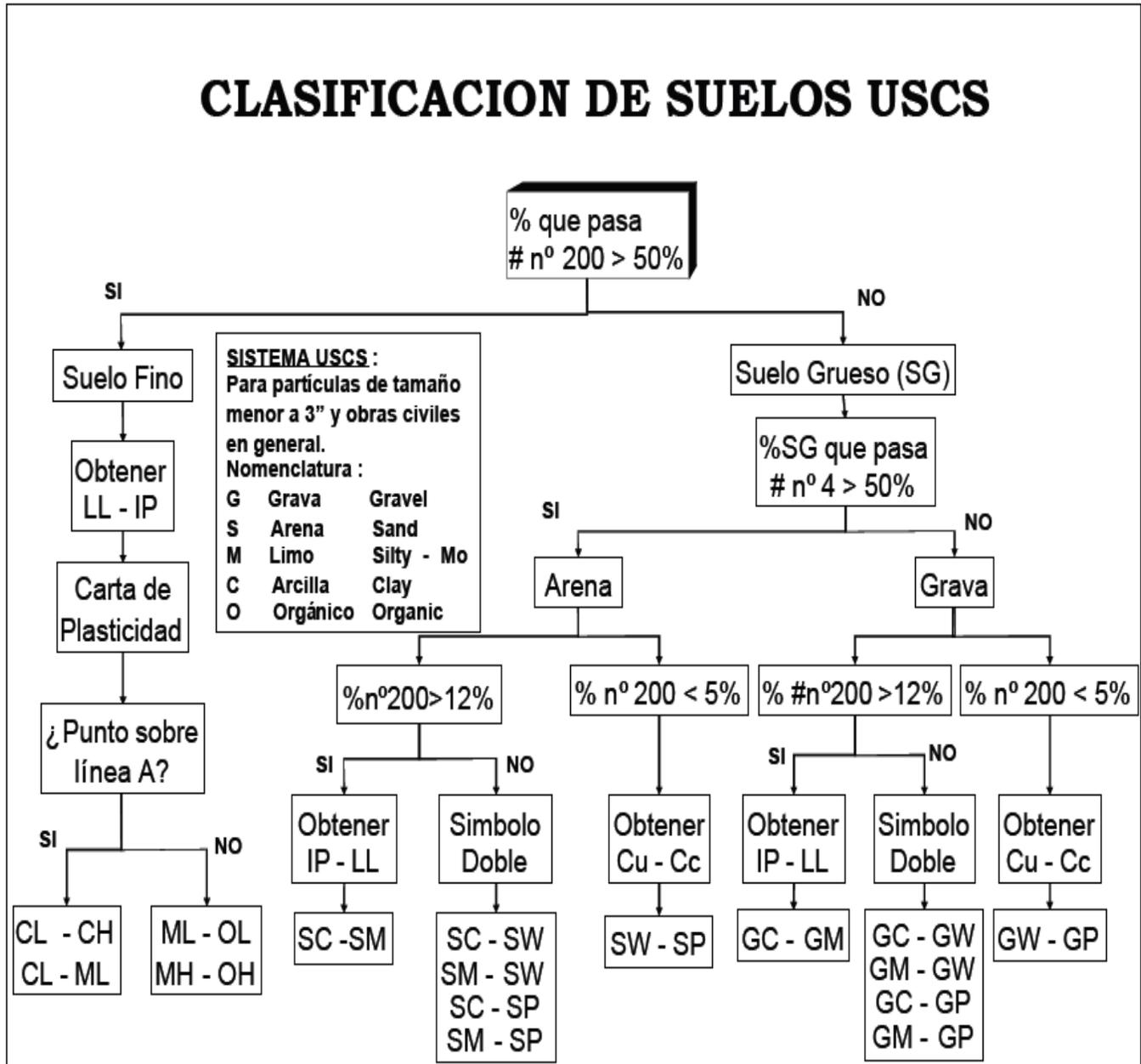
Sub-rasante: Es el terreno de sedimentación del pavimento. Puede ser de suelo natural debidamente recortado y compactado.

Suelo: Es un conjunto de partículas minerales producto de la desintegración mecánica y la descomposición química de rocas, no cementadas, que puedan contener o no materia orgánica.

ANEXOS

Anexo I. Clasificación de suelos

1.1. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)



Anexo 1.1. Clasificación de suelos SUCS.
Fuente: Mecánica de suelos, Juárez Badillo

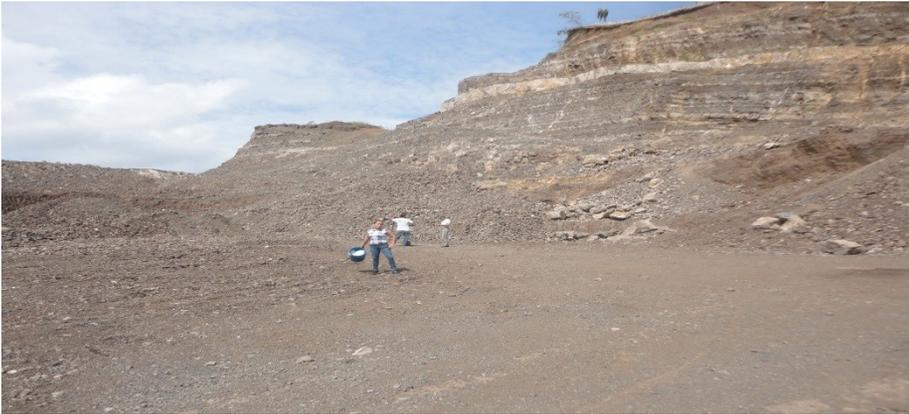
1.2. Clasificación de suelos AASHTO

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla nº 200)						Limos y Arcillas (35% pasa malla nº 200)				
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
% que pasa tamiz :											
Nº 10	50 máx										
Nº 40	30 máx	50 máx	51 mín								
Nº 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo Nº 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

Anexo 1.2. Clasificación de suelos HRB
Fuente: Clasificación de suelo, sistema AASHTO

Anexo II. Bancos de materiales

2.1. Banco de Material Belmont



Anexo 3.1. Fotografía de la localización de la extracción de la muestra, Banco Belmont
Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.2. Fotografía de frente al banco , Banco Belmont
Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.3. Fotografía de la extracción de la muestra, Banco Belmont
Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.4. Fotografía de frente al banco, Banco Belmont
Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.5. Fotografía de frente al banco, Banco Belmont.

Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.6. Fotografía lateral del banco, Banco Belmont.

Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.7. Fotografía lateral del banco, Banco Belmont

Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.8. Fotografía de la estructura y color del suelo, Banco Belmont

Fuente: Fuente Propia. 26 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua

2.2. Banco de Material Rosario Norte



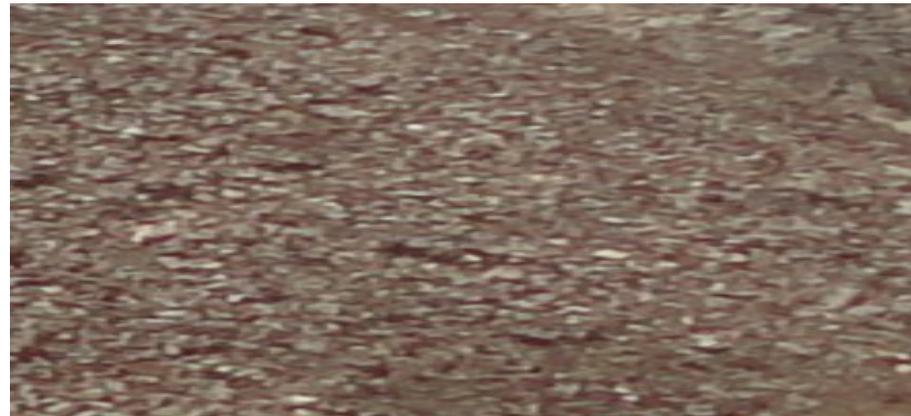
Anexo 3.9. Fotografía de la extracción de la muestra, Banco Rosario Norte
Fuente: Fuente Propia. 27 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.10. Fotografía de frente al banco, Banco Rosario Norte
Fuente: Fuente Propia. 27 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.11. Fotografía de frente al banco, Banco Rosario Norte
Fuente: Fuente Propia. 27 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua



Anexo 3.12. Fotografía de la estructura y color del suelo, Banco Rosario Norte
Fuente: Fuente Propia. 27 de marzo de 2014. Rivas-Nicaragua

Anexo III. Estabilización química con cemento

3.1. Relación de carga California, C.B.R, Banco de material Rosario Norte

Molde No.	19	20	22
Altura Libre del Molde (cm)	18.00	18.10	17.80
Altura del Espécimen (cm)	11.9	12.0	11.7
Área de Base del Molde (cm²)	186.26	191.13	191.13
Volumen del Espécimen (lts)	2.2165	2.2935	2.2362
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m³)	1621	1621	1621
Grado de Compactación (%)	90	95	100
Humedad Óptima	19.4	19.4	19.4
Peso Volumétrico Seco por Reproducir (Kg/m³)	1459	1540	1621

Anexo 4.1. Tabla de Ensayo valor relativo de soporte mezclado con cemento, CBR.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Comprobación de la Humedad y del Grado de Compactación

% de Humedad a Prueba	Recipiente No.	V-7	V-8	V-9
	Peso Muestra Húmeda (g)	200.0	200.0	200.0
	Peso Muestra Seca (g)	171.2	170.8	170.1
	Peso de Agua (g)	28.8	29.2	29.9
	Humedad Producida (%)	16.8	17.1	17.6
Peso del Material Húmedo + Molde (g)		8635	8948	8792
Peso del Molde (g)		4774	4733	4465
Peso del Material Húmedo (g)		3861	4215	4327
Peso Volumétrico Húmedo, PVH (Kg/m³)		1742	1838	1935
Peso Volumétrico Seco, PVS (Kg/m³)		1491	1570	1645
Grado de Compactación Reproducido (%)		92	97	101

Anexo 4.2. Tabla de Ensayo valor relativo soporte mezclado con cemento, Grado de Compactación

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Hinchamiento

Lectura Final (mm)	561	454	520
Lectura Inicial (mm)	552	447	514
Diferencia de lecturas (mm)	9	7	6
Hinchamiento (%)	0.1921	0.1482	0.1303
Tiempo de Saturación (hr)	96	96	96

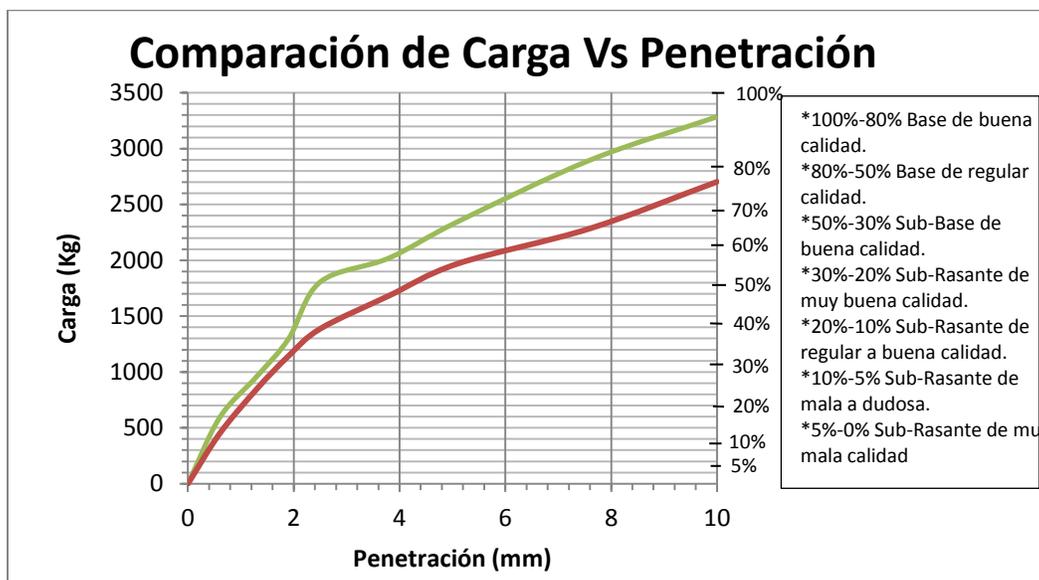
Anexo 4.3. Tabla de Ensaye valor relativo soporte mezclado con cemento, hinchamiento.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA

Factor del Anillo de Carga: 10.2018		Carga Unitaria Patrón a la Penetración de 0.1": 3000 Kg				Carga Unitaria Patrón a la penetración de 0.2": 4500 Kg			
Grupo	% de Capacitación Usado	Resistencia a la Penetración (Kg)							
		025"	050"	075"	100"	150"	200"	300"	400"
M-19	90	24	30	44	59	80	114	155	197
		245	306	449	602	816	1163	1581	2010
M-20	95	44	83	112	136	165	193	224	265
		449	847	1143	1387	1683	1970	2285	2703
M-22	100	58	94	127	177	198	230	284	322
		592	959	1296	1806	2020	2346	2897	3285

Anexo 4.4. Tabla de Ensaye valor relativo soporte mezclado con cemento, Carga en Kg.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

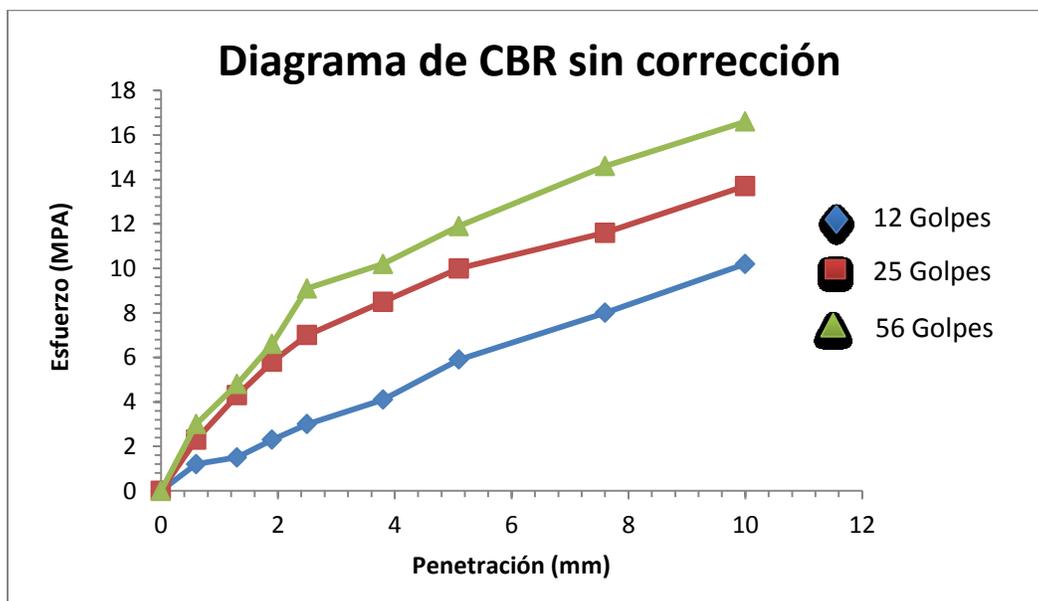


Anexo 4.1. Grafica de Comparación de carga Vs penetración, mezclado con cemento
Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Valores de Resistencia a la Penetración, valores sin corregir

Penetración		12 Golpes (MPA)	25 Golpes (MPA)	56 Golpes (MPA)
Plg	mm			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.6	1.2	2.3	3.0
0.05	1.3	1.5	4.3	4.8
0.075	1.9	2.3	5.8	6.6
0.1	2.5	3.0	7.0	9.1
0.15	3.8	4.1	8.5	10.2
0.2	5.1	5.9	10.0	11.9
0.3	7.6	8.0	11.6	14.6
0.4	10.0	10.2	13.7	16.6

Anexo 4.5. Tabla de Valor relativo soporte mezclado con cemento, resistencia a la penetración.
Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.



Anexo 4.2. Diagrama de CBR mezclado con cemento, esfuerzo Vs penetración.
Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Del diagrama de CBR, grafico anexo 4.2, se obtuvieron los % de CBR, esta grafica no fue corregida ya que aunque la gráfica presenta irregularidades en su curva, esta no toma inicialmente una forma cóncava hacia arriba

% de CBR Obtenidos

Penetración		Esfuerzo (MPA)		
Plg	mm	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes
0.2	5.1	5.9	10.0	11.9
Carga Patrón (MPA)		10.3	10.3	10.3
% de CBR		57	97	116
% de Compactación		92	97	101

Anexo4.6. Tabla de Ensayo de valor relativo soporte, % de CBR obtenidos mezclados con cemento.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Porcentaje de cemento Portland tipo I utilizado fue de 5.5%, según este porcentaje y de acuerdo a su peso volumétrico seco máximo de 1615 Kg/m³, se necesitarán 2 bolsas de cemento por cada m³.

3.2. Relación de carga California, C.B.R., Banco de material Cori

Peso del Martillo (lbs): 5.5

No. de Capas: 3

Altura de Caída: 12"

Molde No.	13	14	15
Altura Libre del Molde (cm)	17.80	17.80	17.80
Altura del Espécimen (cm)	11.7	11.7	11.7
Área de Base del Molde (cm²)	181.45	181.45	181.45
Volumen del Espécimen (Its)	2.1230	2.1230	2.1230
Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m³)	1615	1615	1615
Grado de Compactación (%)	90	95	100
Humedad Óptima	18.7	18.7	18.7
Peso Volumétrico Seco por Reproducir (Kg/m³)	1453	1534	1615

Anexo 4.7. Tabla de Ensayo valor relativo de soporte mezclado con cemento, CBR.

Fuente. Resultados de laboratorio, IDISA.

Comprobación de la Humedad y del Grado de Compactación

% de Humedad a Prueba	Recipiente No.	V-1	V-2	V-3
	Peso Muestra Húmeda (g)	200.0	200.0	200.0
	Peso Muestra Seca (g)	170.0	169.8	170.1
	Peso de Agua (g)	30	30.2	29.9
	Humedad Producida (%)	17.6	17.8	17.6
Peso del Material Húmedo + Molde (g)	7965	8073	8182	
Peso del Molde (g)	4306	4210	4113	
Peso del Material Húmedo (g)	3659	3863	4069	
Peso Volumétrico Húmedo, PVH (Kg/m³)	1724	1820	1917	
Peso Volumétrico Seco, PVS (Kg/m³)	1466	1545	1630	
Grado de Compactación Reproducido (%)	91	96	101	

Anexo 4.8. Tabla de Ensayo valor relativo soporte mezclado con cemento, Grado de Compactación

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Hinchamiento

Lectura Final (mm)	438	527	530
Lectura Inicial (mm)	434	523	527
Diferencia de lecturas (mm)	4	4	3
Hinchamiento (%)	0.0868	0.868	0.0651
Tiempo de Saturación (hr)	96	96	96

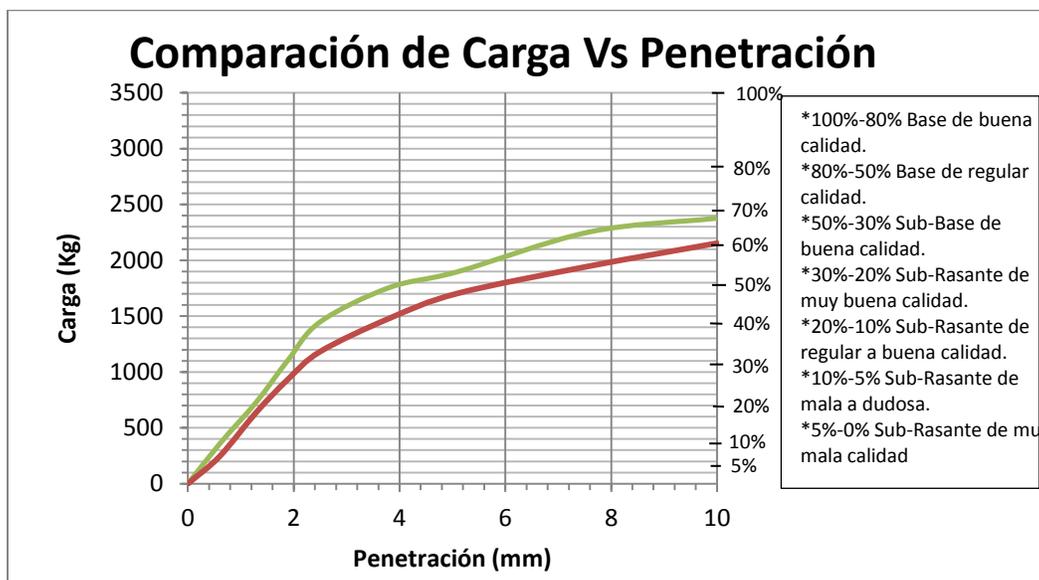
Anexo 4.9. Tabla de Ensaye valor relativo soporte mezclado con cemento, hinchamiento.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.

Factor del Anillo de Carga: 10.2018		Carga Unitaria Patrón a la Penetración de 0.1": 3000 Kg				Carga Unitaria Patrón a la penetración de 0.2": 4500 Kg			
Grupo	% de Capacitación Usado	Resistencia a la Penetración (Kg)							
		025"	050"	075"	100"	150"	200"	300"	400"
M-13	90	7	18	24	35	54	78	104	121
		71	184	245	357	551	796	1061	1234
M-14	95	24	63	92	116	145	167	191	211
		245	643	939	1183	1479	1704	1949	2153
M-15	100	35	72	109	142	172	186	221	233
		357	735	1112	1449	1755	1898	2255	2377

Anexo 4.10 Tabla de Ensaye valor relativo soporte mezclado con cemento, Carga en Kg.

Fuente. Datos obtenidos del laboratorio, IDISA.



Anexo 4.4. Grafica de Comparación de carga Vs penetración, mezclado con cemento

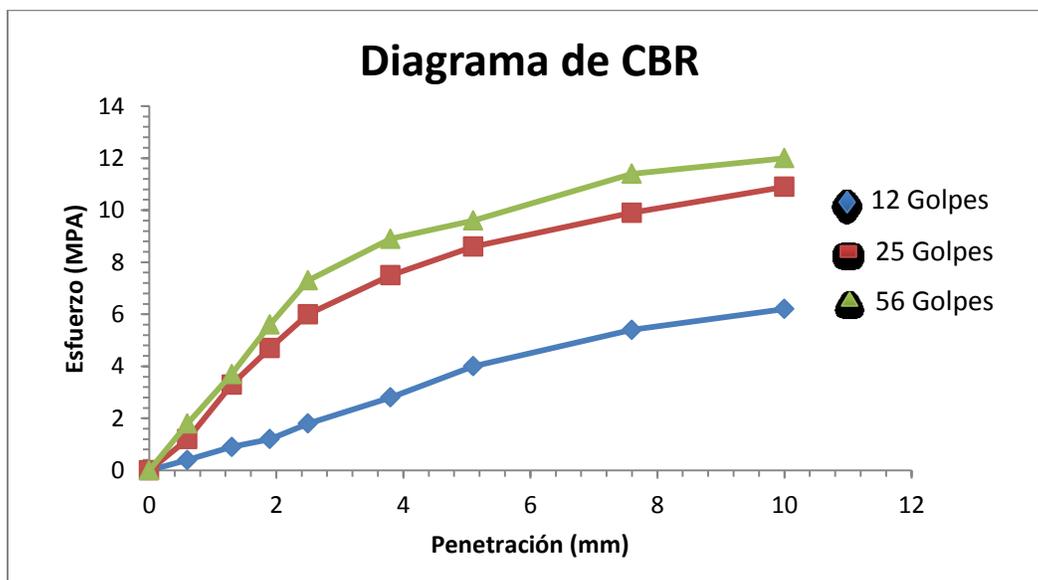
Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Valores de Resistencia a la Penetración, valores sin corregir

Penetración		12 Golpes (MPA)	25 Golpes (MPA)	56 Golpes (MPA)
Plg	mm			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	0.6	0.4	1.2	1.8
0.05	1.3	0.9	3.3	3.7
0.075	1.9	1.2	4.7	5.6
0.1	2.5	1.8	6.0	7.3
0.15	3.8	2.8	7.5	8.9
0.2	5.1	4.0	8.6	9.6
0.3	7.6	5.4	9.9	11.4
0.4	10.0	6.2	10.9	12.0

Anexo 4.11. Tabla de Valor relativo soporte mezclado con cemento, resistencia a la penetración.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.



Anexo 4.5. Diagrama de CBR mezclado con cemento, esfuerzo Vs penetración.

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Del diagrama de CBR, grafico anexo 4.5, se obtuvieron los % de CBR, esta grafica no fue corregida ya que aunque la gráfica presenta irregularidades en su curva, esta no toma inicialmente una forma cóncava hacia arriba

% de CBR Obtenidos

Penetración		Esfuerzo (MPA)		
Plg	mm	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes
0.2	5.1	4.0	8.6	9.6
Carga Patrón (MPA)		10.3	10.3	10.3
% de CBR		39	83	93
% de Compactación		91	96	101

Anexo 4.12. Tabla de Ensaye de valor relativo soporte, % de CBR obtenidos, mezclados con cemento

Fuente. Fuente propia, Managua-Nicaragua.

Porcentaje de cemento Portland tipo I utilizado fue de 5.0%, según este porcentaje y de acuerdo a su peso volumétrico seco máximo de 1621 Kg/m³, se necesitaran 1.98 bolsas de cemento por cada m³.