

Trabajo de Diploma

En opción al Título de
Ingeniero Geólogo

Caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa-Baracoa tramo rio Jaguaní- rio Toa.

Autor: Reinier Rodríguez Cantillo

Tutor: M sc José A Carménate Fernández

Agradecimiento

Primero que todo le agradezco a mi papa José Luis Rodríguez Matos a mi mama Olivia Cantillo Borges por toda la educación que me han dado y el esfuerzo realizado para que cada día se una mejor persona preparado para enfrentar el futuro gracias a ellos hoy me he convertido en un profesional para servirle a esta patria y a esta revolución que tanto qué tanto a echo por nosotros.

Agradezco también a mis tías y tíos que te tanto me han ayudado especial Zonia, Isabel, Marlis en general a toda la familia especial también para mis abuela Luisa y mi abuelo Isbel que aunque hoy no se en cruenta con migo por cosas de la vida, cada día lo tengo muy presente, a mis compañero de aula José M, Reinier, Adrián, Pabel, Ildanelis, Fredi, Jorge F, Gabriel, Olavis, Yunier, Perera, Owen, a todos los profesores que tuve durante mi carrera incluido mi tutor muy especial a la profesora Beatriz Riveron S, por todo lo que hizo por mí en primer año para que siguiera la carrera profe, muchas gracias .

A mis suegros a mi cuñada por toda la ayuda que me brindaron en todo este tiempo de universidad y no por ser la última persona quien le agradezco deja de ser la más importante al contrario a mi novia.

Dedicatoria

En primer lugar por todo el trabajo realizado a Reinier Rodríguez Cantillo a toda mi familia y amigos en especial Mama y Papa.

Pensamiento

Si usted está haciendo lo que usted cree que es beneficioso para todo el que esté involucrado, entonces usted está bien. Así que estoy bien.

**Thomas G Labrecque. Director general
Chase Manhattan Bank**

Resumen

La investigación titulada :caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub –base de la carretera Moa –Baracoa tramo rio Jiguaní – rio Toa surge a partir alto grado de deterioro que presenta el vial y por la necesidad de aplicar correctamente la investigación ingeniero geológica para la construcción y rehabilitación de puentes y carretera para poseer una planificación adecuada, con métodos de investigación apropiados, datos representativos y resultados relevantes, precisos y claros. Por estas razones tiene como objetivo: conocer las propiedades físico mecánica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa- Baracoa en el tramo rio Jiguaní – rio Toa, que permite establecer criterios sobre su comportamiento para elaborar un proyecto de rehabilitación que garantice durabilidad al vial.

Para ello se emplean las normas cubanas para las Investigaciones Ingeniero Geológicas de obras de transporte, las cuales permiten hacer análisis de las propiedades físico mecánicas de los suelos del área de estudio, valorar el comportamiento de las propiedades físico mecánicas de los mismos y con ello la caracterización de los suelos de la base y sub-base de la carretera, desde el punto de vista ingeniero geológico e hidrogeológico.

Abstract

The titled investigation: geologic characterization engineer and hydrogeological of the floors that constitute base and sub - it bases of the highway Moa - Baracoa tract Jiguaní laughs - Toa laughs it arises high grade of deterioration that presents the vial to leave and for the necessity of applying the geologic investigation engineer correctly for the construction and rehabilitation of bridges and highway to possess an appropriate planning, with appropriate investigation methods, representative data and outstanding, precise and clear results. For these reasons he/she has as objective: to know the properties physique mechanics of the floors that constitute base and sub-base of the highway Moa - Baracoa in the tract Jiguaní laughs - Toa laughs that allows to establish approaches on its behavior to elaborate a rehabilitation project that guarantees durability to the vial.

For they are used it the Cuban norms for the Geologic Investigations Engineer of works of transport, which allow to make analysis of the properties physique mechanics of the floors of the study area, to value the behavior of the properties physique mechanics of the same ones and with it the characterization of the floors of the base and sub-base of the highway, from the point of view geologic engineer and hydrogeological.

Introducción	1
Marco teórico conceptual de la investigación	3
Trabajos precedentes	5
CAPÍTULO I: características geográficas y geológicas de la zona de estudio	8
1.1.Ubicación geográfica	8
Clima	9
Vegetación	9
Economía de la zona de estudio	9
Relieve	9
1.2.Características geológicas de la región	10
Estratigrafía	13
Tectónica.....	14
Geomorfología.....	18
1.3.Procesos Geodinámicos y Antrópicos	20
Sismicidad.....	20
Meteorización	21
Erosión	22
Empantanamiento	22
CAPÍTULOII. Metodología y volumen de la investigación desarrollada en el área de estudio	23
2.1. Introducción	23
2.2. Etapa preliminar: recopilación y revisión de la información existente.....	25
2.3. Segunda etapa: procesamiento de la información	25
2.4. Tercera etapa: Interpretación de los resultados	28

CAPITULO III. Interpretacion y elaboracion de los resultados	29
3.1.Inspección visual	29
Deterioros en el pavimento	29
3.2.Caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de los suelos que cosntituyen base y sub- base del vial	35
3.2.1 Condiciones ingeniero – geológicas.....	35
3.2.2.Condiciones ingeniero – geológicas e hidrogeológicas del área.....	41
3.2.3.Condiciones hidrogeológicas.....	41
3.2.4.Riesgo hidrogeológico.....	42
3.2.5 Calicatas de muestreo y observación.....	44
3.2.6.Pruebas de Penetrometría Dinámica (DCP).....	47
Determinación de la Resistencia a la Penetración (CBR) con la utilización del Cono Penetración Dinámica (DCP)	47
3.3. Evaluación de la cantera para los materiales de préstamo	53
Cantera rio Jiguaní	53
Conclusiones	55
Recomendaciones	57
Referencias bibliográficas	58
Anexos	I

Introducción

A partir de la recuperación económica del país y teniendo en cuenta el deterioro paulatino de los viales, se determina la reparación de los mismos, dando prioridad a los de mayor importancia económica y necesidad de reparación, como es el caso del vial Moa-Baracoa.

La presente investigación se realiza en el tramo de carretera rio Jiguaní- rio Toa que se extiende por zonas cercanas y paralelas a la costa norte de la provincia de Guantánamo municipio Baracoa. El estacionado 0+000 se encuentra en la ciudad de Baracoa, las perforaciones se comenzaron a partir del estacionado 6+620 (C-14), por estar la vía construida con una losa de hormigón hidráulico bien conservada, por lo que no era lógico realizar trabajos de investigación en el tramo de 0+000 hasta 6+000. Esta investigación ingeniero Geológica fue solicitada en la tarea técnica emitida por el centro provincial de vialidad Holguín, para realizar la rehabilitación de la carretera Moa –Baracoa.

Por ello surge la presente investigación titulada: caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa- Baracoa en el tramo rio Jiguaní- rio Toa.

Teniendo en cuenta la importancia económica y social del vial, la investigación se plantea el siguiente problema.

Problema

Necesidad de caracterizar ingeniero geológica e hidrogeológicamente los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa- Baracoa en el Tramo rio Jiguaní – rio Toa a partir de las propiedades físico mecánicas de los mismos, que permite establecer criterios sobre su comportamiento para elaborar un proyecto de rehabilitación que garantice durabilidad al vial.

Objeto de estudio

Los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa- Baracoa en el Tramo rio Jiguaní- rio Toa.

Objetivo general

Conocer las propiedades físico mecánica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa- Baracoa en el tramo rio Jiguaní – rio Toa, que permite establecer criterios sobre su comportamiento para elaborar un proyecto de rehabilitación que garantice durabilidad.

Objetivos específicos

- Definir el corte ingeniero geológico de la base y sub –base de la carretera
- Determinar las propiedades físico mecánicas de los suelos que constituyen base y sub- base de la carretera.
- Determinar las condiciones hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera.
- Evaluar las canteras para su utilización como relleno y para la base del pavimento.

Hipótesis

Si se logra conocer las propiedades físico mecánica de los suelos que constituyen base y sub –base de la carretera, entonces es posible valorar el comportamiento de los mismos y establecer criterios para elaborar un proyecto de rehabilitación que garantice la durabilidad del vial.

Aportes Técnicos

- Descripción del corte ingeniero geológico de la base y sub-base de la carretera
- Análisis de las propiedades físico mecánicas de los suelos del área de estudio.
- Análisis de las condiciones hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera
- Evaluación de las canteras como material de relleno y para la base del pavimento.

Marco teórico conceptual de la investigación

En el presente siglo XXI, los problemas del desarrollo sostenible, en un frágil equilibrio medioambiental sometido a la inevitable confrontación entre las consecuencias del progreso y los procesos geológicos junto a la construcción de diversas obras ingenieriles en condiciones geológicamente adversas, constituyen prioridades de la ingeniería geológica. La necesidad de estudiar geológicamente el terreno como base de partida para los proyectos constructivos de grandes obras es indiscutible en la actualidad, y constituye una práctica obligatoria para esta ciencia. Las investigaciones ingeniero geológicas in situ son esenciales para la construcción de obras de ingeniería, por ello el diseño de las mismas constituye un arte que requiere además de un buen criterio y experiencia, la planificación adecuada, métodos de investigación apropiados, datos representativos, resultados relevantes e informes expuestos con precisión y claridad. Su objetivo principal radica en conocer y cuantificar las condiciones del terreno que puedan afectar la viabilidad, diseño y construcción de una obra. (González de vallejo et al 2002)

La acción del hombre al realizar trabajos constructivos, en un entorno geográfico concreto como el que nos ocupa, altera las condiciones del medio natural al provocar variaciones en la constitución y propiedades físico-mecánicas del suelo,

por ser estas las que permiten clasificar y zonificar adecuadamente los suelos a partir de definir las características iniciales del terreno. Por ello se hace necesario enmarcar los principales conceptos que se manejan durante la presente investigación que unidos a los principales conocimientos teóricos se reflejan a continuación.

Suelos

La Ingeniería Geológica, define el suelo, como un agregado de minerales unidos por fuerzas débiles de contacto, separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua. Como se observa en la figura 1, el suelo está constituido por la fase sólida, líquida y gaseosa. (González de vallejo et al 2002).

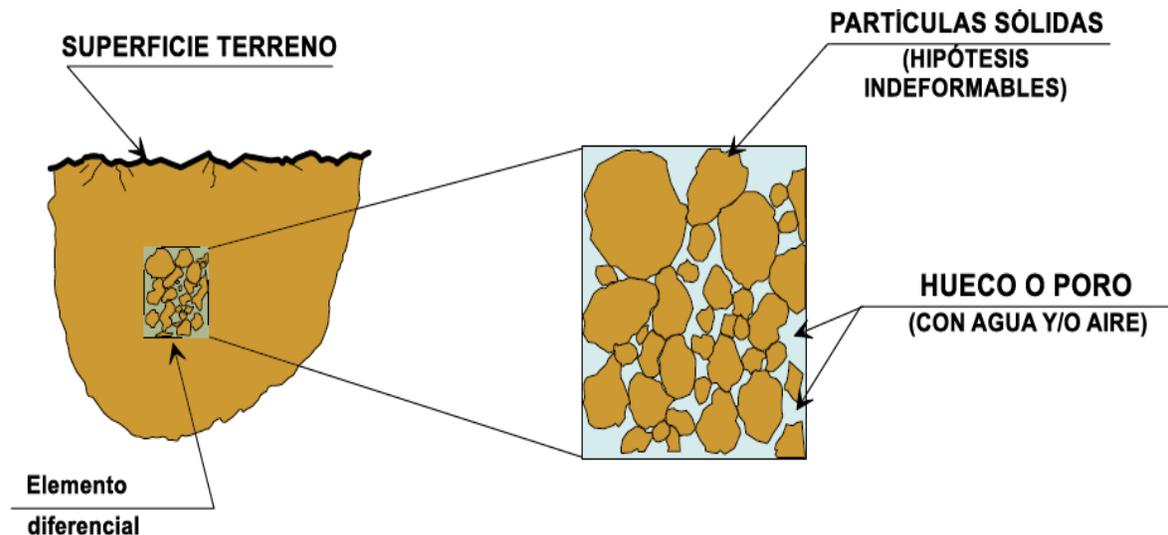


Figura 1. Constitución del suelo. (Modificado de González de Vallejo. 2002).

Para estudiar un material tan complejo como el suelo (con diferentes tamaños de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistema de evaluación de propiedades. Así se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de la granulometría: (ASTM, 1993).

- **Gravas**, con tamaño de grano entre unos 8-10cm y 2mm, los granos se observan directamente. No retienen el agua por la inactividad de la superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.

- **Arenas**, con partículas comprendidas entre 2mm y 0.060mm, todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con facilidad.
- **Limos**, con partículas comprendidas entre 0.060mm y 0.002mm. Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se observa como el agua se exuda con facilidad.
- **Arcillas**, formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0.002mm). Se trata de partículas tamaño gel y se necesita que existan transformaciones químicas. La capacidad de retención del agua es muy grande.

Trabajos precedentes

Durante la ejecución de la investigación se consultaron diferentes trabajos que para la región oriental se han desarrollado, orientados algunos a la profundización de conocimiento geológico regional y otros a la evaluación geólogo-económica de las grandes reservas minerales asociadas al complejo ofiolítico Moa-Baracoa. También se consultaron trabajos relacionados con estudios de vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos, erosión e inundaciones, a pesar de la existencia de un gran número de investigaciones dirigida a la parte norte del país no existe mucha información del área de estudio.

Salifu Ibn Abdulai (2013) en su trabajo de diploma, realiza una caracterización ingeniero- geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa –Baracoa en tramo Moa- Jiguaní.

Informe ingeniero geológico Carretera Moa Baracoa. ENIA, el presente informe trata sobre las Investigaciones Ingeniero Geológicas realizadas para la Rehabilitación de la carretera Moa-Baracoa. Tramo Guantánamo (Río Jiguaní-Baracoa).

Ing. Domínguez G Leomaris 2005: en su tesis de maestría, hace un estudio morfotectónico del área comprendida entre el poblado de Yamanigüey y la ciudad de Baracoa con vista a la planificación turística. Este estudio se realizó con el objetivo de profundizar en el conocimiento tectónico de forma tal que permitiera establecer los sistemas de estructuras activas y bloques morfotectónicos y caracterizar los movimientos contemporáneos con vista a determinar las zonas favorables para la planificación turística.

Campos M 1991: realiza un estudio tectónico de la porción oriental de las provincias Holguín y Guantánamo, donde propone siete unidades tectono-estratigráficas para el territorio, describiendo las características estructurales de cada una de ellas y estableciendo los periodos de evolución tectónica de la región.

Campos, M. 1983.: rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de las provincias de Holguín y Guantánamo. Revista Minería y Geología No.2,

Iturralde Vinent 1997: Sinopsis de la constitución y evolución geológica de Cuba. Inédito.

En 1989 F. Quintas en su tesis doctoral: realizo el estudio estratigráfico del extremo oriental de Cuba donde propone las asociaciones estructuro-formacionales que constituyen ese extenso territorio así como las formaciones que las integran, realizando la reconstrucción paleogeográfica del Cretácico al Paleógeno, intervalo cronológico de mayor complejidad para la geología de la región oriental.

En 1990 Portela Peraza A ,Hernández Santana J., Díaz, González Ortiz R., y Arteaga Barrios F. realizan un estudio morfotectónico de Cuba oriental donde exponen los criterios geomorfológicos para la clasificación morfotectónica de Cuba Oriental. Dividen el territorio en unidades territoriales y zonas limítrofes entre ellos que corresponden a zonas de alineamientos morfoestructurales de diferentes rangos diferenciados por el grado de actividad neotectónica.

Cala Yulienis (2010): en el trabajo de diploma Estudio de los peligros geológicos para la evaluación de la vulnerabilidad de la carretera Moa – Baracoa (Tramo Moa - Río Jiguaní), se ejecutó a escala 1:25 000, tiene como objetivo establecer la intensidad de los peligros geológicos y determina la vulnerabilidad ante los mismos del tramo del vial.

Parte de la recopilación de la información existente en la zona y de la creación del Modelo Digital del Relieve, de cuyo procesamiento pudo extraer importantes conclusiones y sobre todo las variables morfométricas. En la investigación se aplica un conjunto de modelos y procedimientos establecidos en Geocuba y otros que se crearon especialmente para el desarrollo de la misma; gran utilidad presenta el procesamiento e interpretación de la foto cósmica Landsat, de la que obtuvo un cuadro de alineaciones con direcciones no convencionales en la geología de Cuba y que necesitan ser precisadas en trabajos posteriores. De acuerdo a las evidencias de la interpretación de todos los materiales y las observaciones realizadas en el campo, obtuvo los mapas de susceptibilidad a la ocurrencia de los peligros geológicos para determinar la vulnerabilidad del vial.

CAPÍTULO I: características geográficas y geológicas de la zona de estudio

1.1. Ubicación geográfica

El vial se encuentra en el extremo norte de la provincia Guantánamo, limitando al este con el municipio Baracoa al oeste con municipio Moa asía el norte con el océano atlántico y al sur con las montañas de macizo Moa –Baracoa , el área de estudio comprende el tramo del vial (rio Jiguaní – rio Toa) ubicado en las siguientes coordenadas Lambert.

Tabla 1.1: límites espaciales del área de estudio

Coordenadas	X	Y
Inicial	720 008 m	211 600 m
Final	742 260 m	190 550 m

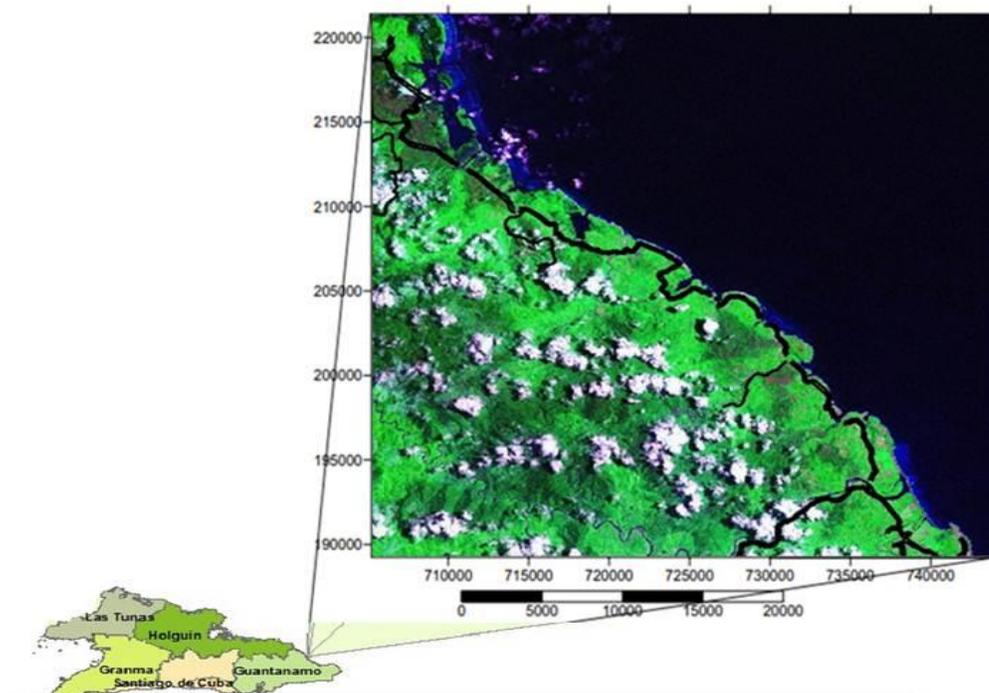


Figura 1.1 Esquema de ubicación geográfica

Clima

El clima de la zona es subtropical húmedo, distinguiéndose de acuerdo a la distribución de las precipitaciones dos períodos, seco, y húmedo. La temperatura media anual oscila entre 22.26–30.5°C, siendo los meses más calurosos desde julio hasta septiembre y los más fríos enero y febrero, el promedio de precipitaciones anuales esta entre 1231.3-5212.0 mm siendo los meses más lluviosos Noviembre y Diciembre y los meses más secos marzo, julio y agosto, la evaporación media anual varía entre los 1880 y 7134 mm, (Domínguez G Leomaris 2005).

Vegetación

La vegetación en la mayor parte del territorio es muy densa, en general está representada por bosques subtropicales compuestos por distintos tipos de árboles, apreciándose además la Yagruma (*Cecropia Peltata*) y la Jiribilla (*Andropogon Caricosus*), así como algunos árboles frutales y maderable, el agroecosistemas está compuesto principalmente por cultivos de café ,cacao y coco.

Economía de la zona de estudio

Desde el punto de vista económico, el vial constituye una zona de vital importancia para la provincia y el país, pues la misma sobresale por su valor estratégico al conectar al municipio Moa el cual cuenta con enormes yacimientos de hierro, níquel y cobalto con el municipio Baracoa, la economía de este último se basada fundamentalmente en el turismo, recursos forestales así como el cultivo de coco, café, cacao, constituyen estos últimos una industria local de gran aporte para el país.

Relieve

El relieve es accidentado en casi todo el tramo, solo en algunos tramos cuando la vía se acerca al litoral costero es bastante llano, con cotas muy variables que varían desde 2.0 m hasta más de 130.0 m. En todo el trayecto de la vía se distribuyen una serie de cañadas, arroyos intermitentes y ríos como Duaba, Toa,

Maraví, La Cueva, Baez, Santa María, Maguana, Nibujón y Jiguaní entre los de mayor interés, los que tributan sus aguas al mar (Informe técnico ingeniero geológico Carretera Moa Baracoa. Tramo río Jiguaní- Toa ENIA)

1.2. Características geológicas de la región

El área de estudio se caracteriza desde el punto de vista geológico por el complejo ofiolítico, que se extiende como un cinturón que aflora en la parte norte del país. En el área las ofiolitas están representadas por serpentinitas del tipo harzburgitas y peridotitas serpentinizadas en diferente grado, además de cuerpos de gabro de diferentes tamaños, las que se cubren por espesores variables de suelos residuales a los que comúnmente se les denominan lateritas.

La faja ofiolítica constituye un cuerpo alóctono tabular con una longitud de 170 Km, geomorfológicamente dividido en diferentes partes por el valle del río Sagua de Tánamo y las montañas del Purial. Posee un espesor que en ocasiones sobrepasa los 1000 m Iturralde Vinent 1996a (Iturralde Vinent 1998).

En la zona se pueden reconocer 5 unidades tectono-estratigráficas (UTE) principales: 1) rocas de afinidad ofiolítica, 2) materiales volcánicos asociados a un arco de islas Cretácico, 3) rocas volcánicas y Vulcano-sedimentarias pertenecientes al arco de islas terciario, 4) materiales asociados a cuencas transportadas del Eoceno medio al Oligoceno, y 5) materiales asociados a un estadio neoplatafórmico “Neoautóctono” des del Oligoceno al Reciente (Iturralde Vinent 1998) (Proenza et. al 2000)

Complejo Ofiolítico Moa-Baracoa

Este macizo de rocas de afinidad ofiolítica, se ubica en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa, ocupando una área aproximada de 1500 km² (PROENZA 1999a et al, 1999b).

En el macizo Moa-Baracoa se pueden reconocer los niveles mantélicos, niveles de gabros bandeados inferiores y niveles volcánicos discordantes. Sin embargo, los niveles de gabros isotrópicos superiores y de diques de diabasas de una secuencia ofiolítica ideal no afloran. Las diabasas descritas en la región aparecen principalmente en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo (TORRES M 1987).

La secuencia mantélicos tiene un espesor de “paleo manto” superior a 22 km y los niveles de gabros bandeados de aproximadamente 300 m (Proenza, J. et al.2003).Bajo las ofiolitas de la región de estudio subyacen, a través de una falla subhorizontal, rocas vulcano-sedimentarias del arco de islas Cretácico. Aunque en otras regiones los cuerpos ofiolíticos aparecen cubiertos por materiales vulcano-sedimentarios pertenecientes al arco de islas del Paleógeno (Fm. Sabaneta) y por secuencias terrígenas-carbonatadas más jóvenes (Quintas 1989; Iturralde-Vinent 1996b). Los principales afloramientos de la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa están representados por los macizos Mayarí-Cristal y Moa-Baracoa (Proenza, 1998; Proenza et al., 1999a; 1999b).

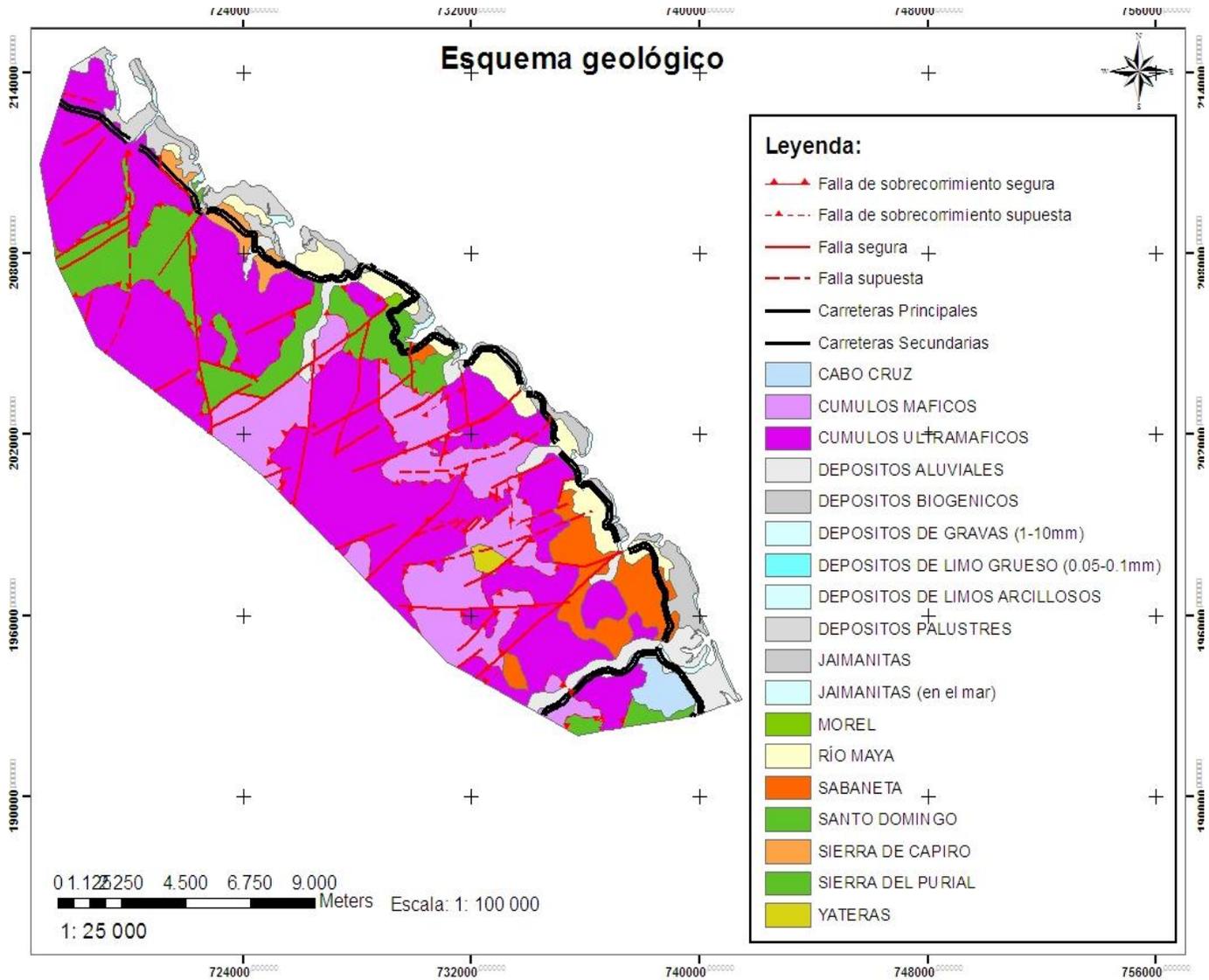


Figura 1.2 Mapa geológico

Estratigrafía

Las formaciones presentes en el área de estudio son:

Formación Cabo Cruz (ccz): calizas biodetríticas arcillosas fosilíferas, Margas secundarias y pseudoconglomerados.

Edad: mioceno superior. (M. T. Kozary, 1955d.)

Formación río, Jaimanitas (js): calizas biodetríticas carsificadas, fosilíferas bien conservadas. Según criterios geomorfológicos su edad ha sido considerada tentativamente como Pleistoceno Superior. (J.Bródermann, 1940).

Formación Río Maya (rm): calizas bihémicas dolomitizadas arcillosas e intercalaciones de conglomerados polimícticos.

Edad: plioceno Superior - Pleistoceno Inferior. (G. L. Franco en: E. Nagy et al., 1976).

Formación Yateras (yt): alternancia de calizas detríticas, biodetríticas y biógenas de grano fino a grueso, estratificación fina a gruesa o masivas, duras, de porosidad variable, a veces aporcelanadas que frecuentemente contienen grandes *Lepidocyclinas*. La coloración por lo general es blanca, crema o rosácea, menos frecuente carmelitosa.

Edad: oligoceno Inferior - Mioceno Inferior parte baja. (M. T. Kozary, 1995^a).

Formación Jutía (jut): depósitos palustres

Formación Sabaneta (sn): tobas vitroclásticas, litovitroclásticas, cristalovitroclásticas con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados tobáceos, aleurolitas, margas, gravelitas, conglomerados vulcanomícticos y ocasionalmente pequeños cuerpos de basaltos, andesitas, andesito- basaltos y andesito- dacitas. Es muy característico debido a la alteración de las tobas la presencia de minerales del grupo de la montmorillonita (bentonita) y de las zeolitas (zeolitas).

Edad: paleoceno Inferior (Daniano parte alta)- Eoceno Medio.(M. Iturralde, 1976).

Formación Santo Domingo (sd): tobas y lavo brechas andesíticas, dacíticas, tufitas, argilitas, aleurolitas vulcanomícticas, lavas basálticas, conglomerados y calizas. También aparecen pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas.

Edad: cretácico Inferior (Aptiano)- Cretácico Superior Turoniano. (G. L. Franco en: E. Nagy et al., 1976).

Formación Sierra del Capiro (sdc): Aleurolitas y margas con intercalaciones de aleurolitas y conglomerados con fragmentos de calizas arrecifales, serpentinitas y rocas volcánicas. Presentan estratificación gradacional.

Edad: Eoceno Superior. (K. Brezsnyszky y E. Nagy en: E. Nagy et al., 1976).

Tectónica

La tectónica del área puede catalogarse de compleja manifestándose la superposición de fenómenos tectónicos originados en condiciones geológicas contrastantes muestra de ello lo es el intenso plegamiento y el sistema de mantos tectónicos que caracteriza la estructura geológica de las secuencias más antiguas surgidas en un ambiente de compresión máxima Campos, M. 1983. En el área se pueden identificar siete fallas principales.

Falla Jiguaní: se refleja en el terreno con dirección de rumbo N35°E desde la parte alta del río del mismo nombre hasta Boca del Río Jiguaní en la desembocadura.

Criterios que permitieron su identificación

- ❖ Contactos litológicos bruscos entre las rocas de la asociación ofiolítica y las rocas volcánicas.
- ❖ Cambios bruscos y tramos rectos de la red fluvial.
- ❖ Desplazamientos de formas de relieve.
- ❖ Intenso cizallamiento en la zona de fractura.

Falla Taco: se extiende desde el nacimiento del río del Taco en la Lechuga con dirección N20°E en algunos tramos tiene dirección N30°E hasta la Bahía de Taco.

Criterios que permitieron su identificación

- ❖ Rasgos topográficos zonas de escarpadas.
- ❖ Alineación fluvial con ríos de cauces profundos y formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- ❖ Cambio brusco de formas geomorfológicas en la desembocadura del río Taco.
- ❖ Formación de barrancos y encajamiento de la red fluvial. Cambio de la dirección de la línea divisoria de aguas.

Falla Nibujón: aparece desde el nacimiento del río Nibujón en la cota 600 m hasta la desembocadura del río del mismo nombre. En sus tramos más rectos posee un rumbo de N45°E y N20°E.

Criterios que permitieron su identificación

- ❖ Formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- ❖ Alineación fluvial con ríos de cauces profundos.
- ❖ Cambio brusco de formas geomorfológicas (llanuras acumulativas y llanuras erosivas con series escalonadas).
- ❖ Formación de barrancos y encajamiento de la red fluvial.
- ❖ Contactos litológicos bruscos entre las rocas de la asociación ofiolítica y las rocas volcánicas, en algunos casos desplazadas.

Falla La Vaca-Navas: se extiende desde el nacimiento del arroyo La Vaca hasta la Bahía de Navas con una dirección en sus tramos más rectos de N50°E y N10°E.

Criterios que permitieron su identificación

- ❖ Cambios en la dirección del cauce del río del mismo nombre.

- ❖ Contactos litológicos bruscos entre las rocas de la asociación ofiolítica y las rocas volcánicas, en algunos casos desplazadas.
- ❖ Alineación fluvial con ríos de cauces profundos y formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- ❖ Alineación y desplazamiento de la línea de costa y zonas geomorfológicas.

Falla Báez: posee una dirección en sus tramos más rectos N50°E y N25°E la cual se extiende desde cotas superiores a 500 m en el nacimiento del río Báez hasta el Alto de la Lechuza y la Bahía de Báez.

Criterios que permitieron su identificación

- ❖ Formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- ❖ Desplazamiento de formas de relieve.
- ❖ Intenso cizallamiento en la zona de fractura.
- ❖ Tramos rectos y alineados del río Báez cerca del poblado de Naranjo.
- ❖ Cambios en la dirección del cauce del río del mismo nombre.

Falla Maraví: esta fractura se extiende desde el nacimiento del río Maraví hasta la Bahía de Maraví, la cual tiene una dirección N45°E.

Criterios que permitieron su identificación:

- ❖ Alineación fluvial con ríos de cauces profundos y formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- ❖ Cambio brusco de formas geomorfológicas en la desembocadura del río Maraví.
- ❖ Desplazamiento de la línea de costa aproximadamente 500 m.
- ❖ Tramos de costas alineados y existencia de bahía en forma de bolsa.
- ❖ Contactos litológicos bruscos.

Falla Toa: esta línea de fractura solo se observa en tramos en la zona de estudio, la cual se orienta con dirección predominante N50°E.

Criterios que permitieron su identificación:

- ❖ Alineación fluvial con ríos de cauces profundos y formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- ❖ Tramos rectos de cursos fluviales.
- ❖ Cambio brusco de formas geomorfológicas en la desembocadura del río del mismo nombre.
- ❖ Contactos alineados de valores de pendientes de bajo grado.
- ❖ Cambios de zonas geomorfológicas (zonas de montañas y llanuras marinas acumulativas).

Geomorfología

El relieve de Cuba oriental, al igual que el relieve cubano en general es el reflejo de la alta complejidad geológico estructural resultante de la acción de procesos compresivos durante la etapa Mesozoica y el Paleógeno, a los cuales se han superpuesto desplazamientos verticales, oscilatorios, diferenciados e interrumpidos así como la separación en bloques del territorio. Algunos autores consideran que la etapa de formación del relieve cubano comienza en el Paleógeno, cuando se inician los movimientos verticales como tendencia fundamental, disminuyendo notablemente los movimientos horizontales.

En cuanto el origen y edad del relieve, los procesos morfogénicos iniciaron su acción directa en el modelado de la superficie en periodos tan jóvenes como el Mioceno - Plioceno, en el relieve actual del noreste oriental se ponen de manifiesto muchas morfo estructuras heredadas de los procesos geodinámicos que se iniciaron a fines del Mesozoico y se extendieron hasta el Paleógeno, responsables de la formación del sistema de escamas tectónicas que caracteriza al complejo ofiolítico y que a pesar de la vigorosa reestructuración neo tectónica aún se reflejan en el mismo, Domínguez G Leomaris 2005

Genéticamente el relieve de la región y sus áreas adyacentes está clasificado dentro del tipo de Horst y bloques. Tomando como base los criterios de clasificación que (Portela Perez 1990 y otros) usaron en la confección del mapa geomorfológico del Nuevo Atlas Nacional de Cuba, se asumieron dos zonas geomorfológicas fundamentales: la zona de relieve de llanura y la zona de relieve de montañas, con subtipos específicos.

Zona de Llanuras. La formación de estas llanuras está relacionada con la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos.

Dentro de los subtipos tenemos

- Llanuras erosivo-acumulativas marinas.
- Llanuras erosivas con series escalonadas marinas.
- Llanuras fluviales acumulativas bajas planas.

La zona de relieve de montaña se clasifica en cuatro subtipos de los cuales aparecen en el área

- Montañas bajas aplanadas diseccionadas.
- Pre montañas aplanadas ligeramente diseccionadas.
- Alturas monoclinales aterrazadas carsificadas.
- Alturas tectono-erosivas diseccionadas.

A continuación se hará referencia a las formas que se desarrollan en el área. Zona de Llanuras. Se desarrolla en toda la parte norte del área ocupando desde la línea de costa hasta los 100-110 m de altura hacia el suroeste. La formación de estas llanuras está relacionada con la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos.

Las llanuras erosivo-acumulativas marinas parcialmente cenagosas ocupan el área comprendida del litoral, llegando a formar parte en algunos sectores de la zona litoral como ocurre en Punta del Mangle cerca de Cañete, Punta del Mangle en la desembocadura del río Jiguaní hasta el poblado de Jaragua. La actividad erosiva en esta zona es prácticamente nula, estando limitada la misma a la remoción de los sedimentos en los periodos de intensas lluvias, como resultado del aumento de la descarga de los ríos. Los valores de pendientes predominantes de 0° a 3° y sólo en pequeños sectores aislados pueden llegar hasta 6° y 9°.

Llanuras erosivas con series escalonadas marinas sin determinación de niveles se desarrollan formando una faja a lo largo de la zona costera comprendida desde la bahía de Taco hasta próximo a la desembocadura del río Toa.

Las llanuras fluviales acumulativas bajas se desarrollan en una franja a ambos lados del cauce del río Toa y en su desembocadura, hasta los 3 o 4 km hacia el sureste, en la zona correspondiente a la base del escalón inferior de las tierras emergidas y en las que se encuentran los cauces inferiores y desembocaduras de los ríos. En esta zona los procesos erosivos son escasos y sólo se ponen de manifiesto a través de pequeños arrastres de suelos y acarreamiento, generalmente asociados a taludes locales, constituyen una superficie óptima para la acumulación de los sedimentos arrastrados de los niveles superiores. Dentro del material que se acumula predominan los sedimentos fluviales.

1.3. Procesos Geodinámicos y Antrópicos

Sismicidad

Por la posición geológica estructural del área de estudio, de estar bordeada por tres zonas sísmicas generadoras coincidentes con fallas profundas que constituyen límites entre placas, lo ubican dentro del contexto sísmico tectónico de Cuba Oriental (OLIVA et al 1989). Estas tres zonas son.

- ❖ **Zona sísmica generadora Oriente:** está asociada a la falla transcurrente de Bartlett-Caimán de dirección este – oeste. Constituye el límite entre la placa Norteamericana y Caribeña. A esta zona corresponde la más alta sismicidad de toda Cuba y con ella se encuentran asociados los terremotos de mayor intensidad con epicentros en el archipiélago Cubano. La intensidad máxima pronosticada promedio para la zona es de VIII grados en la escala MSK, llegando a IV en el sector Santiago de Cuba –Guantánamo. La magnitud es de 8 grados en la escala de Richter.

Zona sismo generadora Cauto-Nipe: está asociada a la zona de fractura de igual nombre, con dirección suroeste noreste desde las inmediaciones de Niquero hasta la bahía de Nipe. Constituye un límite interplaca, que separa el bloque Oriental Cubano de la isla. La potencialidad sísmica de esta zona alcanza los 7 grados en la escala de Richter, mientras que la intensidad sísmica, según el mapa complejo de la región oriental de Cuba señala valores entre VI y VII grados MSK.

❖ **Zona sismo generadora Sabana:** se encuentra asociada a la falla Sabana (falla norte cubana) o zona de sutura entre el bloque Oriental Cubano y la Placa Norteamericana. La potencialidad sísmica es variable en el rango de VI y VII MSK, alcanzando sus máximos valores hacia su extremo oriental. Los principales focos sísmicos de la zona se localizan en los puntos de intercepción de esta con las fallas de dirección noreste y noroeste que la cortan.

Los fenómenos geológicos más comunes, presentes en el aria son

Meteorización

Es el fenómeno físico-geológico vinculado con la formación de potentes cortezas lateríticas sobre rocas ultrabásicas y básicas. Las condiciones climáticas, geomorfológicas, tectónicas y características mineralógicas de las rocas existentes favorecieron los procesos de meteorización química del medio. Ha dado lugar a una corteza de intemperismo compuesta por suelos lateríticos muy ricos en óxidos de Hierro y Aluminio, con espesores variables.

Erosión

Se debe a la acción de corrientes temporales, dando lugar a la formación de surcos y grandes cárcavas en los suelos ocasionadas por escurrimiento de las precipitaciones atmosféricas.

Empantanamiento

Se manifiesta en zonas bajas del relieve donde el drenaje es deficiente y los suelos presentan baja permeabilidad, ha dado lugar a la acumulación de sedimentos de origen fluvial y pantanosos.

CAPÍTULO II. Metodología y volumen de la investigación desarrollada en el área de estudio

2.1. Introducción

En el presente capítulo se describe la metodología aplicada en la investigación para la valoración ingeniero geológica de los suelos del vial en el tramo rio Jiguaní- rio Toa, según las tres etapas principales. Se parte de la revisión de los trabajos precedentes donde se adquiere la información base y se valora, a partir del análisis de las propiedades físico mecánicas el comportamiento de los suelos con vistas a emplear esta información en el futuro proyecto de rehabilitación de la carretera.

La investigación en el área de estudio, se realiza en tres etapas fundamentales, ver **(Figura 2.1)**

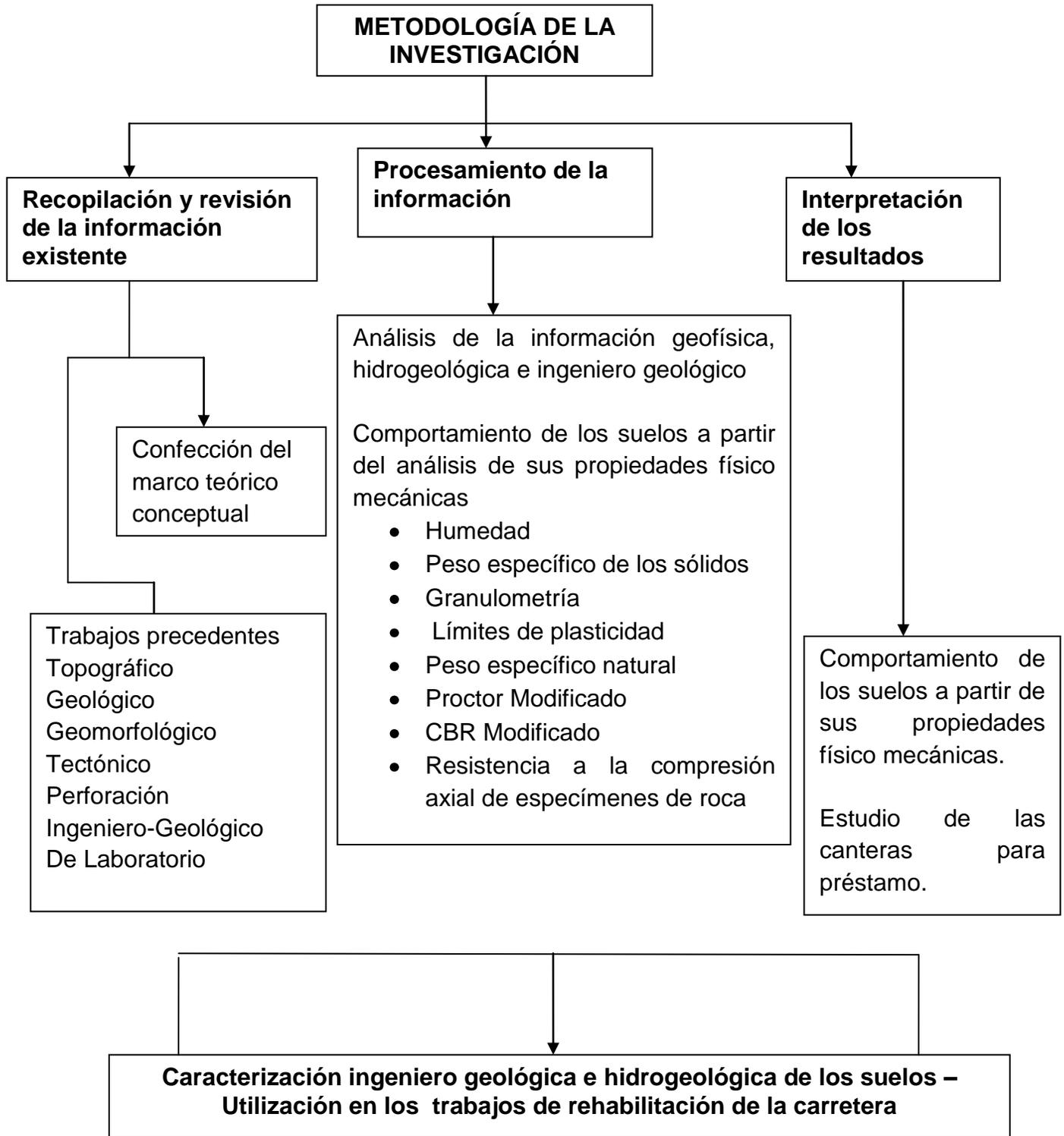


Figura 2.1

2.2. Etapa preliminar: recopilación y revisión de la información existente

En esta etapa se realizó el análisis y revisión de la bibliografía existente del área de estudio, de la cual se extrajo la información útil para la investigación. Se realizaron búsquedas en el centro de información del ISMM, donde se tuvo acceso a libros, revistas, trabajos de diploma, tesis de maestría y doctorales. Como resultados se obtuvo información referente a la descripción regional desde el punto de vista geológico, ingeniero geológico, de bloques Morfo tectónicos, tectónico, geomorfológico y topográfico. En esta etapa se confecciono el marco teórico conceptual de la investigación. De igual manera se adquirieron los resultados de los ensayos de laboratorio para la determinación de las propiedades físico mecánicas.

2.3. Segunda etapa: procesamiento de la información

Para obtener las informaciones necesarias de campo y laboratorio que garantizaron el cumplimiento del objetivo de la investigación se realizaron visitas a la zona de estudio con el objetivo de precisar el tipo de perforación, los puntos de muestreo y la metodología a seguir en la toma de muestras para los diferentes ensayos de laboratorio.

Los volúmenes de trabajo corresponden a 64 calas que permiten la descripción del corte en profundidad y la toma de muestras inalteradas o semi alteradas de suelos. Los trabajos de campo se centraron en el reconocimiento ingeniero geológico e hidrogeológico de la franja de la carretera y áreas adyacentes, el replanteo de las calas programadas se basó en la solicitud de la investigación que aparece en la tarea técnica, precisar la investigación en zonas de interés hidrogeológico. Se perforaron 64 calas con profundidades de 3.0 m, con una máquinas Stratadrill - 36 de fabricación inglesa, la que emplea los métodos de rotación y percusión con diámetro de 108 – 89 mm, se realizaron descripción macroscópica y tacto-visual de las litologías recuperadas en las calas, se tomaron muestras semi alteradas en pomos parafinados y alteradas en bolsitos de nylon, muestras para la caracterización de los materiales de la cantera en sacos de nylon

y muestras de agua y de suelo para análisis químico y porcentos de materia orgánica respectivamente.

Los trabajos topográficos replantearon un total de 64 calas, además el marcaje de estacionados cada 20 m, especificando los estacionados cada 100 m. Posteriormente a la perforación de las calas se realizó el control topográfico de las mismas (coordenadas X, Y y la cota Z) para obtener su ubicación real.

Los Trabajos de Laboratorio se realizan para la caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de las diferentes litologías presentes a partir de los ensayos físicos, mecánicos y químicos, los que se rigen por las especificaciones de las normas cubanas vigentes, que se relacionan a continuación.

- ❖ Determinación del peso específico de los suelos. NC 19:1999
- ❖ Determinación de la Granulometría de los suelos. NC 20: 1999.
- ❖ Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos: NC 58: 2000
- ❖ Determinación del contenido de humedad de los suelos y rocas en el laboratorio NC 67: 2000
- ❖ Determinación del peso específico natural NC-156:2002
- ❖ Determinación de la resistencia a la compresión axial de especímenes de roca NC 62: 2000
- ❖ Proctor modificado. D1557-91.Reparada1998
- ❖ CBR modificado D1883-94.

- ❖ Norma Cubana NC 54-310-1985 Materiales y productos de la construcción Agua. Determinación de su agresividad al hormigón

Los trabajos de gabinete consistieron en la interpretación y correlación de los resultados de todos los trabajos de campo, observaciones directas realizadas en distintas parte del tramo, toma de fotos y los trabajos de laboratorio realizados, con esta información como base se confeccionaron, perfiles, anexos gráficos y tablas, que garantizaron finalmente la elaboración del informe ingeniero geológico para lo cual se utilizaron las diferentes normas, instructiva y programas, entre los que pueden mencionarse los siguientes.

- ❖ Geotecnia. Clasificación Geotécnica de los suelos para obras de transporte. NC 63: 2000.
- ❖ Geotecnia. Carreteras. Pavimentos flexibles. Método de Cálculo. NC 334: 2004.
- ❖ Inspección Visual de la superficie y calicatas de observación y muestreo de la estructura del pavimento en el tramo.
- ❖ Pruebas de campo: penetrometría Dinámica DCP.

2.4. Tercera etapa: Interpretación de los resultados

En esta etapa se interpretaron los resultados obtenidos por los métodos empleados, se analizaron las propiedades físico mecánicas de los suelos; para ello se tuvo en consideración los tipos de suelos que existen en el área y se determinó el valor medio de los índices para cada capa, se correlacionaron los resultados y finalmente se caracterizaron desde el punto de vista ingeniero geológico e hidrogeológico según su comportamiento. De acuerdo al tamaño del área, el grado de estudio, las características de la información de base y del sistema Hardware-Software, se utilizó como escala de trabajo 1:2000. La metodología se inicia con la clasificación de los suelos para definir el tipo que existe en esta zona empleando el SUCS, con el objetivo de analizar cada una de las propiedades físico mecánicas del suelo. En la valoración del comportamiento de los suelos se realiza el análisis de cada propiedad. También se emplearon elementos geomorfológicos como la pendiente del terreno que permite valorar el movimiento de las aguas pluviométricas, la influencia del escurrimiento superficial, la profundidad del manto acuífero y el espesor de la capa de suelos con sus propiedades.

CAPITULO III. Interpretación y elaboración de los resultados

3.1. Inspección visual

La determinación del estado de la carretera mediante Inspección Visual, constituye el primer paso en nuestra investigación, es un método que se basa en el reconocimiento visual de los niveles de deterioros que se encuentran en la superficie de la vía, así como cualquier otro factor que pueda provocar fallos en la superficie o la estructura del sistema (explanación- pavimento). En esta etapa también se ejecutaron una serie de calicatas con la finalidad de lograr una apreciación visual útil de las capas y materiales en la estructura del pavimento y corroboración mediante ensayos de lo encontrado.

Deterioros en el pavimento

En este caso se realizó un inventario detallado de los defectos presentes en la vía, estos deterioros se clasificaron cualitativa y cuantitativamente utilizando el **Catálogo Iberoamericano de Deterioros. Año 2002**, de manera que se evaluó el origen de cada defecto, así como su grado de incidencia. De forma general se realizó un resumen en porcentajes por tramos, que se muestra a continuación. Ver tablas **3.1, 3.2, 3.3**.

Tabla: 3.1

Deterioros del Pavimento	Est. 6+500	Est. 7+500	Est. 7+500	Est. 8+500	Est. 8+500	Est. 9+500	Est. 9+500	Est. 10+500	Est. 10+500	Est. 11+500	Est. 11+500	Est. 12+500	Est. 12+500	Est. 13+500	Est. 13+500	Est. 14+500	Est. 14+500	Est. 15+500	Est. 15+500	Est. 16+500	Est. 16+500	Est. 17+500	Est. 17+500
	Pérdida de agregados							64	64	58	62	60	38	54	52								
Pérdida capa Rodamiento							-	-	-	-	-	-	-	-									
Pérdida base							14	-	10	18	14	14	14	40									
Exudación							-	-	-	-	-	-	-	-									
Desgaste de Áridos							-	-	-	-	-	-	-	-									
Exposición de Agregados							76	84	76	84	92	66	76	88									
Roderas							-	-	-	-	-	-	-	-									
Canalizaciones						No existe carpeta asfáltica	28	36	-	10	22	24	14	-									
Baches Profundos							56	54	54	62	68	40	52	52									
Ondulaciones							-	-	-	-	-	-	6	-									
Grietas Longitudinales							54	64	54	66	64	58	68	56									
Grietas Transversales							52	52	52	50	64	50	54	50									
Fisuras							6	-	-	-	-	-	-	-									
Piel de Cocodrilo							-	-	-	-	-	-	-	-									
Defectos Constructivos							-	-	-	-	-	-	-	-									

Tabla: 3.2

Deterioros del Pavimento	Est. 17+500	Est. 18+500	Est. 18+500	Est. 19+500	Est. 20+500	Est. 20+500	Est. 21+500	Est. 21+500	Est. 22+500	Est. 22+500	Est. 23+500	Est. 23+500	Est. 24+500	Est. 24+500	Est. 25+500	Est. 25+500	Est. 26+500	Est. 26+500	Est. 27+500	Est. 28+500
	Est. 17+500	Est. 18+500	Est. 18+500	Est. 19+500	Est. 20+500	Est. 20+500	Est. 21+500	Est. 21+500	Est. 22+500	Est. 22+500	Est. 23+500	Est. 23+500	Est. 24+500	Est. 24+500	Est. 25+500	Est. 25+500	Est. 26+500	Est. 26+500	Est. 27+500	Est. 28+500
Pérdida de agregados	48	50	50	28	No existe carpeta asfáltica							50	54	60	52	50				
Pérdida capa Rodamiento	10	-	-	-								-	-	-	-	-	-			
Pérdida base	30	32	32	22								28	44	46	24	20				
Exudación	-	-	-	-								-	-	-	-	-				
Desgaste de Áridos	-	-	-	-								-	-	-	-	-				
Exposición de Agregados	88	92	92	48								80	100	100	100	100				
Roderos	-	-	-	-								-	-	-	-	-				
Canalizaciones	26	34	34	10								12	36	34	38	24				
Baches Profundos	46	54	54	24								26	62	48	46	58				
Ondulaciones	-	-	-	-								-	-	-	-	-				
Grietas Longitudinales	52	60	60	40								46	74	72	54	54				
Grietas Transversales	42	56	56	24								40	64	60	48	54				
Fisuras	-	-	-	-								-	-	-	-	-				
Piel de Cocodrilo	-	-	-	-								-	-	-	-	-				
Defectos Constructivos	-	-	-	-	-	-	-	-	-											

Tabla: 3.3

Deterioros del Pavimento	Est. 28+500	Est. 29+500	Est. 29+500	Est. 30+500	Est. 30+500	Est. 31+500	Est. 31+500	Est. 32+500	Est. 32+500	Est. 33+500	Est. 33+500	Est. 34+500	Est. 34+500	Est. 35+500	Est. 35+500	Est. 36+500	Est. 36+500	Est. 37+500	Est. 37+500	Est. 38+500	Est. 38+500
	Pérdida de agregados	70		No existe carpeta asfáltica										32	22	40	58	40			
Pérdida capa Rodamiento	-		-											-	-	-	-				
Pérdida base	48		10											28	36	48	48				
Exudación	-		-											-	-	-	-				
Desgaste de Áridos	-		-											-	-	-	-				
Exposición de Agregados	100		52											100	100	100	100				
Rodera	-		-											-	-	-	-				
Canalizaciones	36		10											6	-	-	42				
Baches Profundos	58		40											54	54	74	66				
Ondulaciones	20		-											12	-	-	-				
Grietas Longitudinales	78		32											70	64	76	72				
Grietas Transversales	66		28											52	58	58	72				
Fisuras	-		-											-	10	38	38				
Piel de Cocodrilo	-		-											-	-	-	-				
Defectos Constructivos	-		-											-	-	-	-				

Analizando los resultados de las tablas se puede determinar el elevado deterioro que presenta el vial, en el mismo se pueden observar (grietas longitudinales, y transversales, ver figura 3.1, piel de cocodrilo, figura 3.2, expansión de agregados, figura 3.3, baches, figura 3.4, perdida de la capa de rodamiento, figura 3.1 canalizaciones, figura 3.1 .



Figura 3.1: fotos de grietas longitudinales y transversales



Figura 3.2: fotos de piel de cocodrilo en la carretera

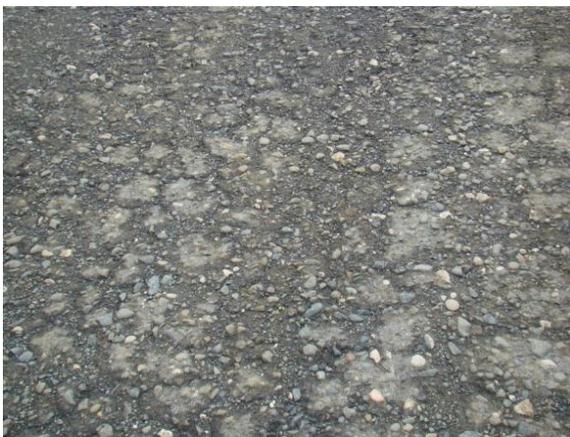


Figura 3.3: fotos exposición de Agregados



Figura 3.4: fotos de baches presentes en la carretera



Figura 3.5: pérdida de la capa de rodamiento



Figura 3.6: canalizaciones

3.2. Caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub- base del vial.

3.2.1. Condiciones ingeniero – geológicas

Se pudo determinar que el corte ingeniero geológico en el tramo de referencia hasta la profundidad de la investigación está constituido por lo siguiente: véanse perfiles ingenieros geológicos (**Anexos 1a, 2a ,3a**) y columnas litológicas, (**Anexos 2b, 3b, 4b, 5b**)

Carpeta asfáltica: espesores que varían desde 0.00 (intervalos donde está ausente hasta 0.20 m.

Material de base de la carretera: constituido por 5 elementos ingeniero geológicos

Relleno 1: constituido por un material gravo arenoso en ocasiones areno gravoso, con limo y arcilla, generalmente de color gris verdoso azulado, algo compacto, los fragmentos son de origen serpentinitico pero en ocasiones se incluyen fragmentos de caliza. El espesor fluctúa entre 0.10 m en la cala 64 y hasta 2.95 m en las calas 44, 45, 46, 47, 63, 66, 68 y 70. Por la NC 63: 2000 incluye suelos tipo **A-1-a, A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-4, A-6, A-7-5 y A-7-6.**

En gran parte del trazado yace debajo de la carpeta asfáltica y aflora donde la misma está ausente, sus propiedades físico mecánicas promedios son las siguientes. Ver tabla **3.4**

Tabla 3.4: propiedades físico mecánicas

Fino (< tamiz 200)	30 %
Arena	41 %
Grava	29 %
Límite Líquido (LL)	41 %
Límite Plástico (LP)	27 %
Índice Plástico (IP)	14 %
Peso específico de los sólidos (Gs)	26.6 kN/m ³
Humedad Natural (W)	13.0 %
Peso Específico Húmedo (γ_f)	20.4 kN/m ³
Peso Específico Seco (γ_d)	18.1 kN/m ³
Índice de Poros (e)	0.47
Saturación (S)	74 %
Angulo de Fricción Interna (ϕ)	29 ⁰ *
Cohesión (C)	15 kPa *

Relleno 2: constituido por un material arcillo arenoso, de baja plasticidad, en ocasiones con gravas, generalmente de color blanco amarillento, compacto y húmedo, los fragmentos son de origen serpentinitico pero en ocasiones se incluyen fragmentos de caliza. El espesor es de 0.75 m en las calas 17, 18 y 19. Por la NC 63: 2000 incluye suelos tipo **A-4, A-6 y A-7-5**. Este relleno en algunos tramos aflora ya que no existe carpeta asfáltica, sus propiedades físico mecánicas promedios son las siguientes. Ver tabla **3.5**

Tabla 3.5: propiedades físico mecánicas

Fino (< tamiz 200)	59 %
Arena	25 %
Grava	16 %
Límite Líquido (LL)	38 %
Límite Plástico (LP)	26 %
Índice Plástico (IP)	12 %
Peso específico de los sólidos (Gs)	26.8 kN/m ³
Humedad Natural (W)	25.6 %
Peso Específico Húmedo (γ_f)	18.6 kN/m ³
Peso Específico Seco (γ_d)	15.6 kN/m ³
Índice de Poros (e)	0.72
Saturación (S)	95 %
Angulo de Fricción Interna (ϕ)	19 ⁰ *
Cohesión (C)	20 kPa *

Capa 1: material de color crema, algo húmedo, estratificado con aspecto de una arenisca calcárea, que se recupera en cilindros de hasta 10 cm, se observa la estratificación alternada entre el material fino de color crema y un material más grueso (tipo arenisca de granos finos) de color gris.

Capa 2: arcilla arenosa de color crema, compacta y húmeda, presenta gravas de caliza, con intercalaciones de una caliza estratificada, color crema, de muy baja resistencia. Por la NC 59: 200.

Esta capa fue cortada como base en la cala 21, inmediatamente debajo de la carpeta asfáltica. Su espesor varía de 2.25 m en la cala 19 hasta 2.95 m en la cala 21. Según la NC 63: 2000, incluye suelos del tipo **A-6**, sus propiedades físico mecánicas promedios son las siguientes. Ver tabla **3.6**

Tabla 3.6: propiedades físico mecánicas

Fino (< tamiz 200)	38 %
Arena	33 %
Grava	29 %
Límite Líquido (LL)	36 %
Límite Plástico (LP)	23 %
Índice Plástico (IP)	13 %
Índice de Consistencia (Ic)	1.66 (Muy dura)
Peso específico de los sólidos (Gs)	26.7 kN/m ³
Humedad Natural (W)	27.0 %
Peso Específico Húmedo (γf)	18.4 kN/m ³
Peso Específico Seco (γd)	14.5 kN/m ³
Índice de Poros (e)	0.84
Saturación (S)	86%
Angulo de Fricción Interna (φ)	21 ^{0*}
Cohesión (C)	20 kPa *

Capa 3: constituida por una arena limosa con gravas, color crema a veces con tonos amarillentos, la compactación es alta. Fue cortada en las calas 22 y 23, con espesor de 2.95 m en las calas 22 y 23. Según la NC 63: 2000 incluye suelos del tipo **A-4 y A-6**, sus propiedades físico mecánicas promedios son las siguientes .Ver tabla 3.7

Tabla 3.7: propiedades físico mecánicas

Fino (< tamiz 200)	45 %
Arena	24 %
Grava	21 %
Límite Líquido (LL)	34 %
Límite Plástico (LP)	23 %
Índice Plástico (IP)	11 %
Peso específico de los sólidos (Gs)	26.3 kN/m ³
Humedad Natural (W)	13.3 %
Peso Específico Húmedo (γf)	20.0 kN/m ³
Peso Específico Seco (γd)	14.9 kN/m ³
Índice de Poros (e)	0.77
Saturación (S)	45 %
Angulo de Fricción Interna (φ)	19 ⁰ *
Cohesión (C)	15 kPa *

Otras capas que aparecen en el corte litológico

Capa 4: arcilla de alta plasticidad, color pardo amarillento, muy húmeda de consistencia dura, con intercalaciones de arena de grano fino, solo fue cortada en las calas 26, 27 y 71.

Capa 5: arcilla arenosa de color crema de consistencia dura y húmeda, con gravas de caliza y de composición serpentinitica.

Capa 6: serpentinita meteorizada en diferentes grados, color gris verdoso, con manchas de óxidos de hierro, se recupera fracturada y con abundantes grietas en todas direcciones. Resistencia muy baja.

Capa 7: suelo de composición limo arcilloso, color pardo rojizo a pardo amarillento con gravas de caliza, compacidad baja a media. Esta capa no fue caracterizada pues no presenta importancia para los efectos del pavimento.

Capa 8: suelo arcillo arenoso de origen calcáreo, color gris verdoso a gris claro, poco húmedo y muy compacto.

Capa 9: arenisca de granos medios a gruesos, redondeados, color pardo amarillento, de resistencia muy baja.

Con la confección del **Anexo 3** se puede tener una idea del comportamiento de la humedad en la base de la carretera y también la distribución de los suelos por tipo según la NC 63: 2000.

Como puede observarse en el siguiente gráfico, existe predominio de los suelos del tipo **A-2** en sus diferentes categorías, fundamentalmente los tipos **A-2-6**, **A-2-7** y **A-2-4**, que representan el **66 por ciento** del total de suelos muestreados en la base de la carretera en el tramo de estudio. Ver figura **3.7**

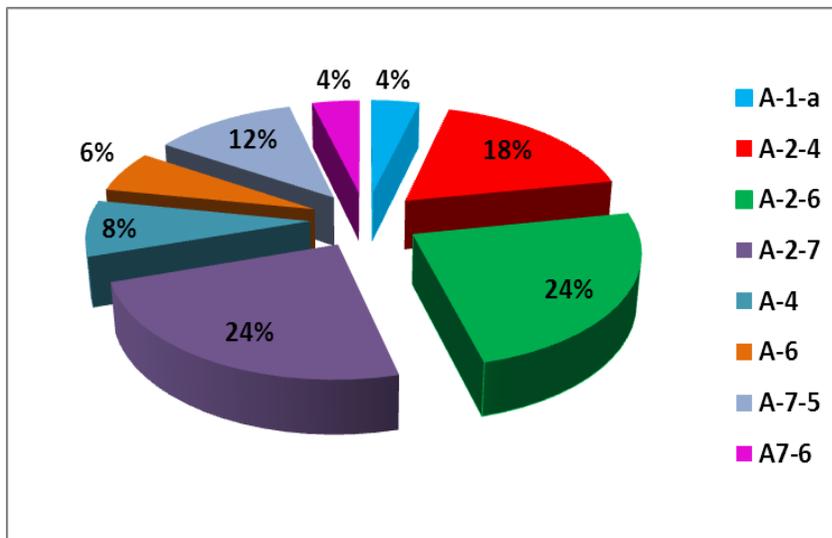


Figura 3.7: grafico de total de suelos muestreados en la base de la carretera

Tabla 3.8: porcentaje de materia orgánica de los suelos de la base de pavimento

No. Cala	Profundidad (m)	%Materia orgánica
16	0.00-0.75	0.32
29	0.05-1.00	0.71
41	0.08-1.40	0.30
59	0.10-1.00	0.42
73	0.10-0.90	0.36
Valor Promedio		0.42

3.2.2. Condiciones ingeniero – geológicas e hidrogeológicas del área

3.2.3. Condiciones hidrogeológicas

Durante los trabajos de campo solo se cortó el nivel de las aguas subterráneas en la cala A, a una profundidad de 2.10 m, la misma fue perforada a 170 m del puente sobre el río Santa María en dirección a Moa.

La caracterización de las aguas subterráneas, fue encaminada a definir sus propiedades físicas y químicas. Desde el punto de vista químico se clasifican como bicarbonatadas, magnésico cálcicas. Según las sales solubles totales (SST <1.0 mg/litro); clasifican como aguas dulces, blandas por su dureza y neutras por su pH, no presentan ningún tipo de agresividad.

3.2.4. Riesgo hidrogeológico

Los aspectos que se tuvieron en cuenta para la valoración del riesgo hidrogeológico de la carretera son los siguientes:

1. Profundidad del nivel de las aguas subterráneas.

La zona de mayor riesgo desde el punto de vista hidrogeológico y teniendo como referencia fundamentalmente el nivel freático, se encuentra en el entorno de la cala A donde el nivel freático se encuentra a 2.10 m de la rasante de la carretera.

2. Presencia de zonas con drenaje deficiente en determinadas áreas adyacentes a la vía. Ver figura 3.8



Figura 3.8: foto de agua encharcada en la vía, no se identifican los paseos.

3 Salida de agua de los cortes litológicos en algunos tramos de la carretera y su drenaje por las cunetas

Los impactos que se vinculan con la variable hidrogeológica y que influyen en el deterioro del pavimento, están relacionados con la presencia del nivel del agua subterránea cercano a la superficie que provoca un amplio humedecimiento de los suelos que constituyen el terraplén y también los que se relacionan con el deficiente drenaje lateral que se manifiesta en algunas partes del tramo de estudio.

Otros riesgos

❖ Presencia de arcillas

Presencia de arcillas de muy alta plasticidad (**capa 4**), potencialmente expansivas. Cuando estas arcillas yacen cercanas a la base de la carretera y cambian las condiciones de humedad, pueden ejercer su influencia por la presión de hinchamiento y provocar deformaciones en el pavimento. Ver figura 3.9

Los suelos rojizos son potencialmente erosionables, tal y como se puede apreciar en las fotos siguientes.



Figura 3.9: presencia de arcillas

3.2.5 Calicatas de muestreo y observación

Las calicatas fueron ejecutadas con la finalidad de lograr una apreciación visual útil de las capas y materiales en la estructura del pavimento lo que se corrobora mediante ensayos de los materiales encontrados. Las mismas fueron realizadas a intervalos de 300 m (Total: 109 calicatas), siempre teniendo en cuentas las zonas de mayor grado de deterioro, a una profundidad máxima de 0.60 m. determinándose mediante ellas lo siguiente.

- ❖ Espesor de carpeta asfáltica y el resto de la estructura del pavimento.
- ❖ Contenido de humedad in situ.
- ❖ Caracterización del material encontrado desde el punto de vista físico y mecánico.
- ❖ Estado actual de la estructura del pavimento.

Mediante la inspección visual realizada en las calicatas se pudo definir de forma general la siguiente estructura del pavimento (Los esquemas que se ofrecen a continuación muestran los materiales predominantes por debajo de la carpeta asfáltica: laterita, material serpentinitico y material calcáreo). Ver figura **3.10**

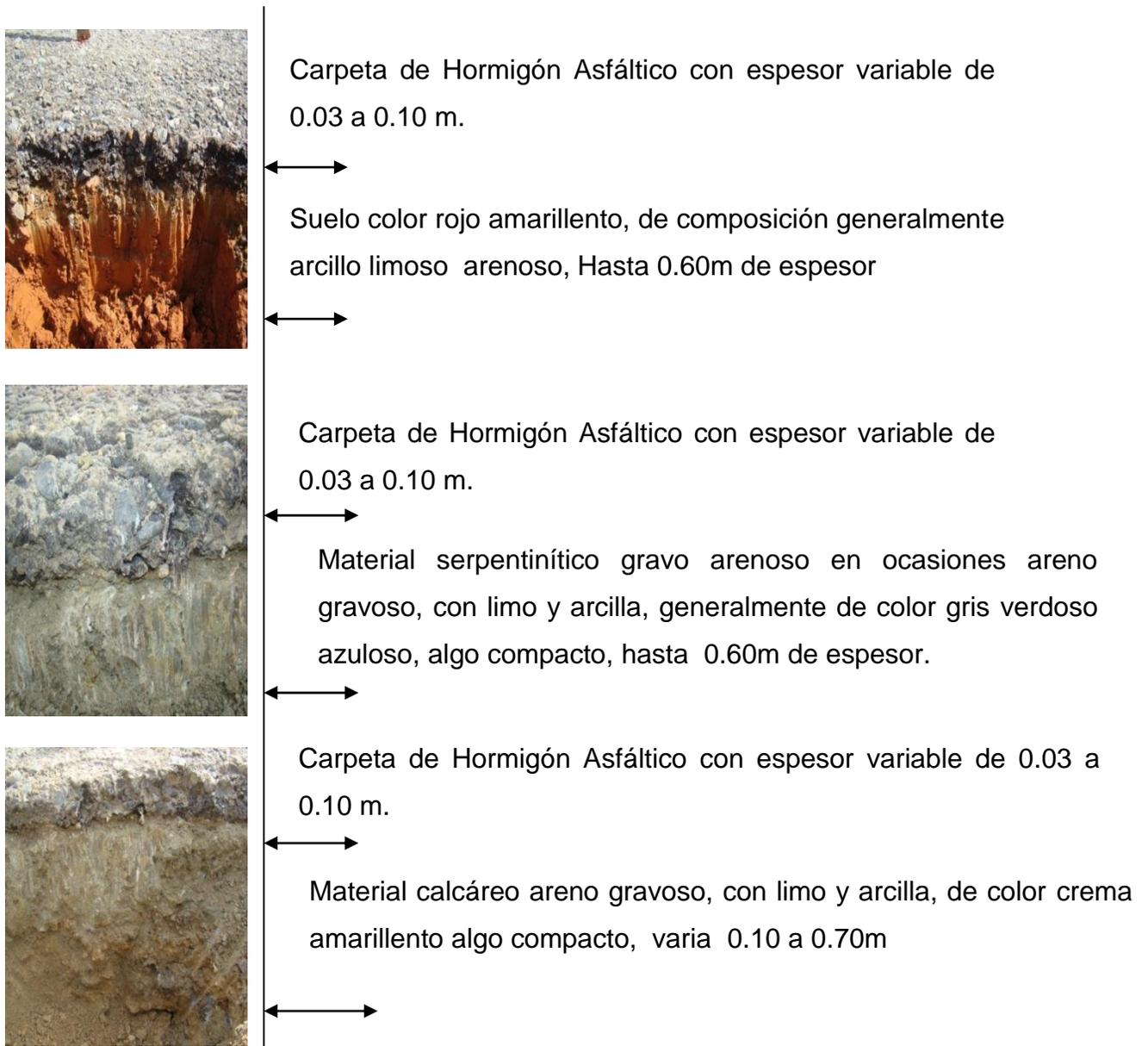


Figura 3.10: foto de perfil litológico de las calicatas

Mediante los ensayos realizados a las muestras tomadas se pudieron definir las siguientes propiedades físicas de los suelos encontrados hasta la profundidad de investigación (0.60m).

Tabla 3.9: suelo de color rojo amarillento, de composición generalmente arcillo limoso arenoso

Valores promedios							
Granulometría			Peso Específico (Gs- kN/m ³)	Limite líquido (LL - %)	Límite plástico (LP - %)	Índice de plasticidad (IP - %)	Humedad Natural (W-%)
Grava (G - %)	Arena (A - %)	Finos (F - %)					
2	30	68	27.0	55	32	23	32.6

Tabla 3.10: material serpentinitico de composición gravo arenoso en ocasiones areno gravoso, con limo y arcilla, generalmente de color gris verdoso azuloso, algo compacto

Valores promedios							
Granulometría			Peso Específico (Gs- kN/m ³)	Limite líquido (LL - %)	Límite plástico (LP - %)	Índice de plasticidad (IP - %)	Humedad Natural (W-%)
Grava (G - %)	Arena (A - %)	Finos (F - %)					
52	33	15	25.6	42	32	10	16.6

Tabla 3.11: material calcáreo de composición areno gravoso, con limo y arcilla, de color crema amarillento algo compacto

Valores promedios							
Granulometría			Peso Específico (Gs- kN/m ³)	Limite líquido (LL - %)	Límite plástico (LP - %)	Índice de plasticidad (IP - %)	Humedad Natural (W-%)
Grava (G - %)	Arena (A - %)	Finos (F - %)					
23	25	52	24.7	51	31	20	23.9

3.2.6. Pruebas de Penetrometría Dinámica (DCP)

En esta investigación tiene peso importante la determinación de las propiedades de los materiales In Situ, es decir conocer el comportamiento de cada componente de la estructura en sus condiciones reales de trabajo y yacencia.

Determinación de la Resistencia a la Penetración (CBR) con la utilización del Cono Penetración Dinámica (DCP)

El DCP es una herramienta simple que permite mediante la relación de penetración, medida en mm por golpes, dar una indicación de la resistencia “in situ”, del material a diferentes profundidades.

Los resultados del ensayo de la penetración dinámica, fueron analizados con el software “**UKDCP**”, estas pruebas fueron realizadas a intervalos de 300 m, siguiendo la siguiente metodología

- ❖ Se toma lectura inicial en mm, de la barra medidora, teniendo el equipo en posición horizontal apoyado sobre el pavimento.
- ❖ Se desplaza hacia el orificio obtenido con la perforación, teniendo este una profundidad variable de 15 a 20 cm aproximadamente, llegando en todos los casos a sobrepasar el espesor de la carpeta asfáltica y posteriormente se toma la lectura.
- ❖ Se procede a dar 5 golpes elevando el martillo hasta el tope superior y dejándolo caer libremente. Este proceso se mantiene hasta alcanzar una diferencia entre la lectura final y la inicial de 8 mm.

Nota: en caso de que la penetración se vea imposibilitada producto al contacto con una roca, se rechazará el ensayo y se procede a una nueva posición.

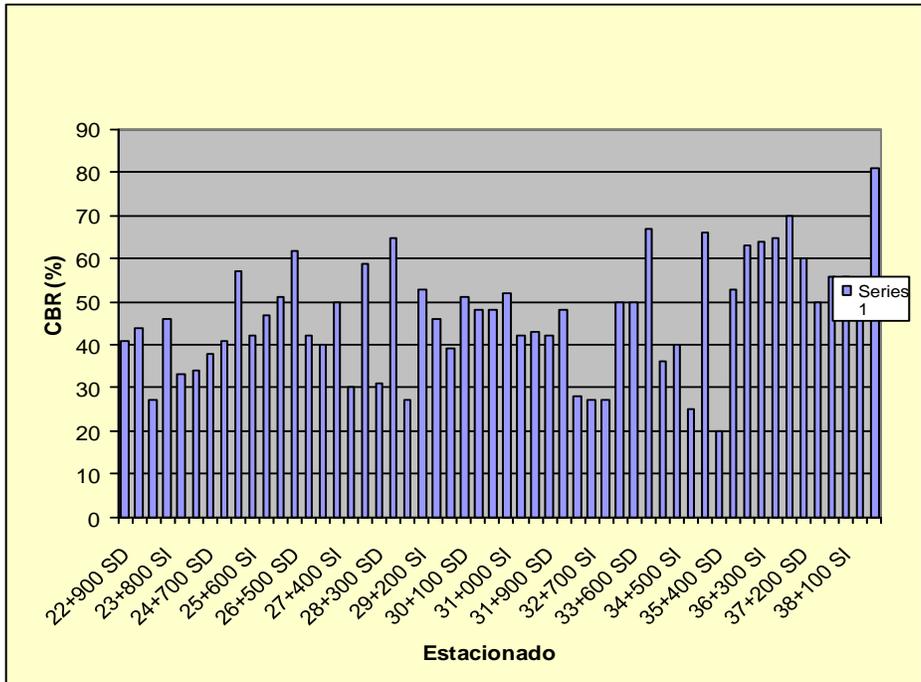
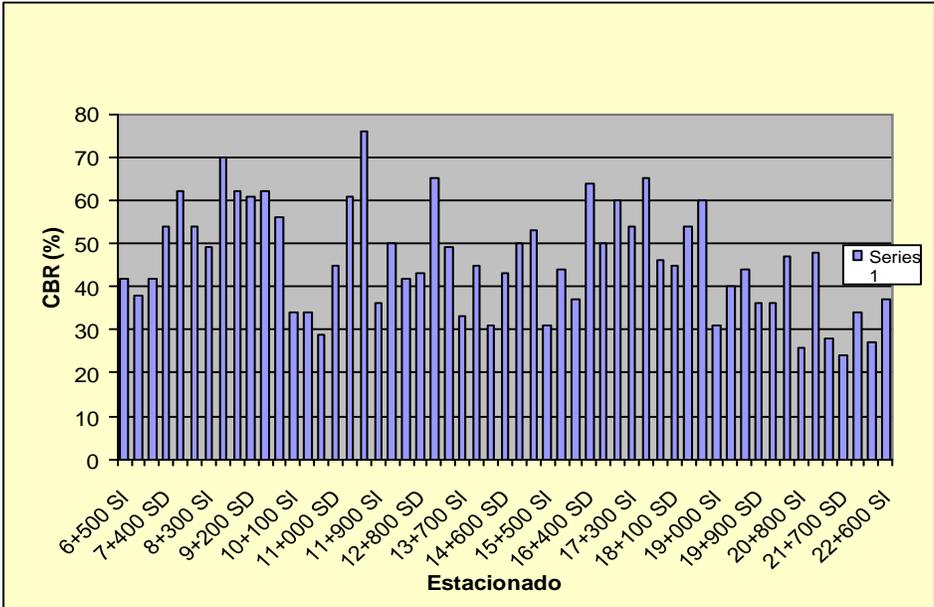


Figura 3.11: foto de Determinación de la Resistencia a la Penetración (**CBR**) con la utilización del Cono de Penetración Dinámica (**DCP**)

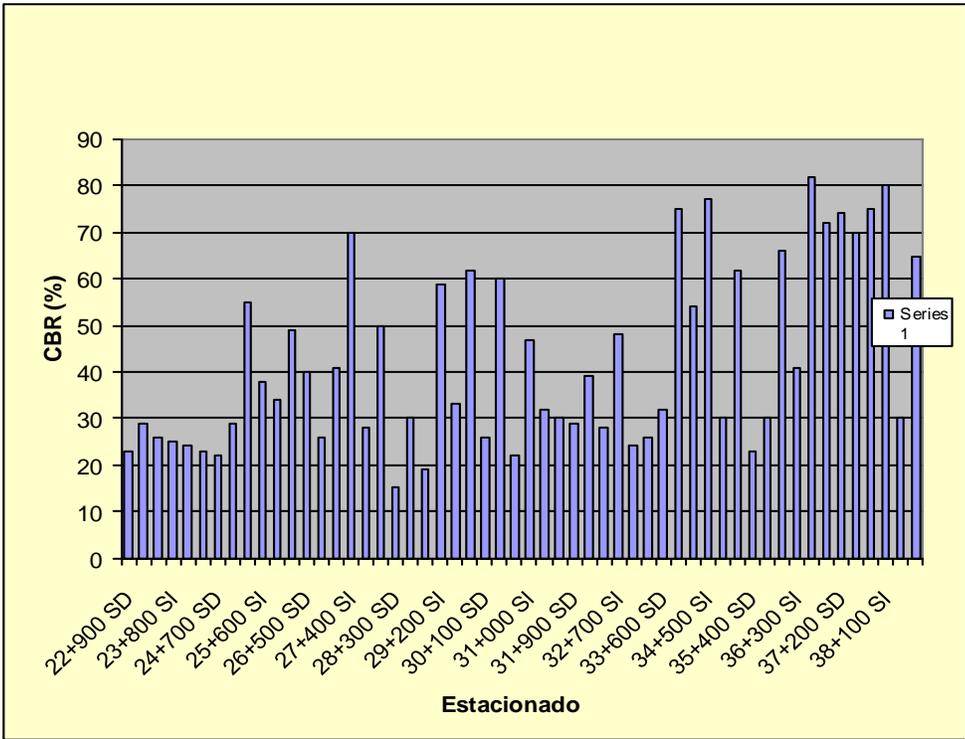
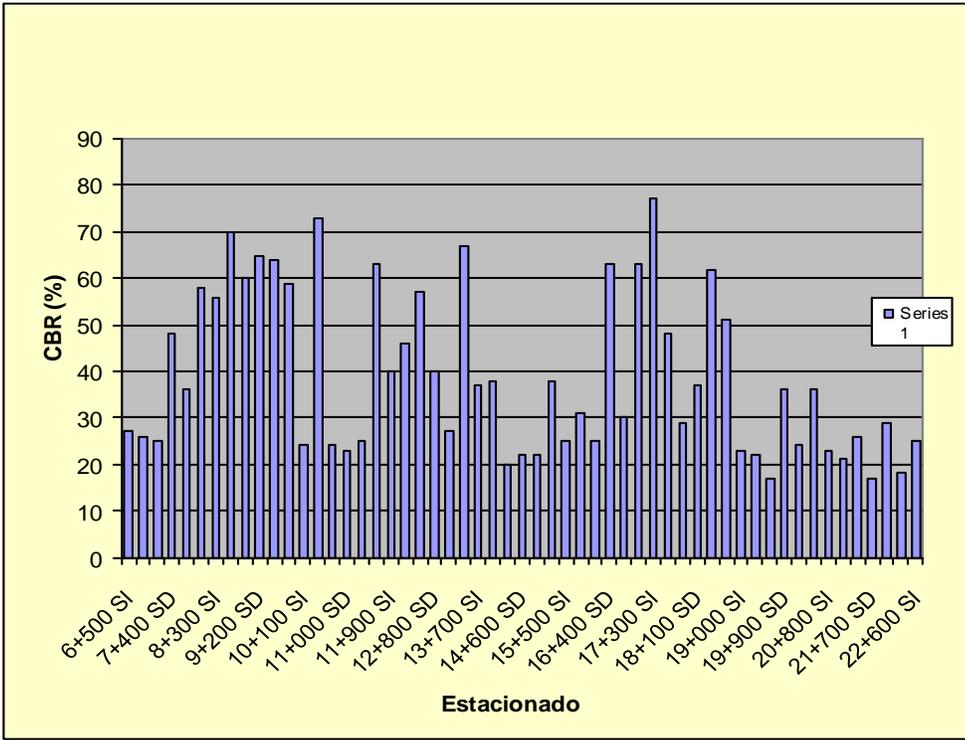
En el **Anexo 4** se muestra una tabla con los resultados obtenido con la utilización del cono de penetración dinámica (**DCP**)

Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos del comportamiento del CBR a una determinada profundidad, los mismo se muestran a continuación.

**Gráficos de CBR vs Estacionado.
Profundidad (0-200mm)**



**Gráficos de CBR vs Estacionado.
Profundidad (200-400mm)**



**Gráficos de CBR vs Estacionado.
Profundidad (400-600mm)**

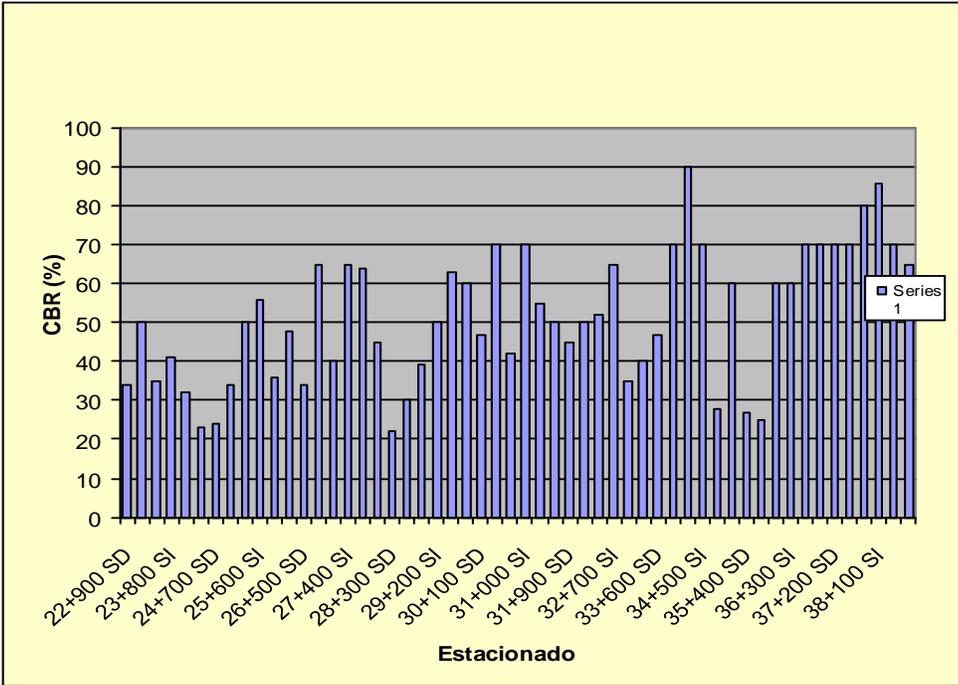
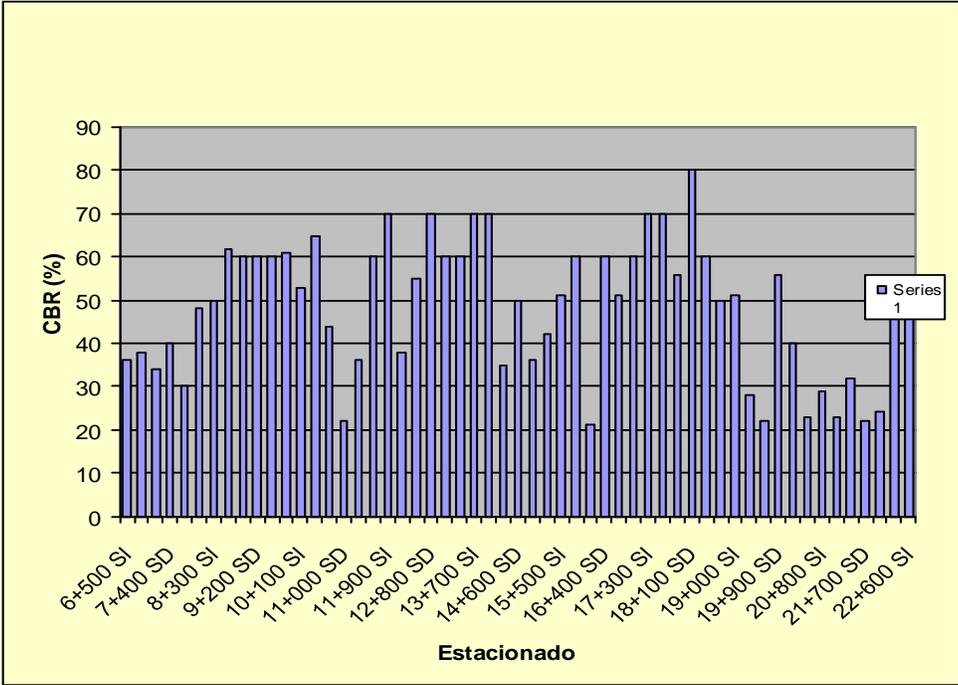


Figura 3.12: gráficos de (CBR) contra estacionado a diferentes profundidades

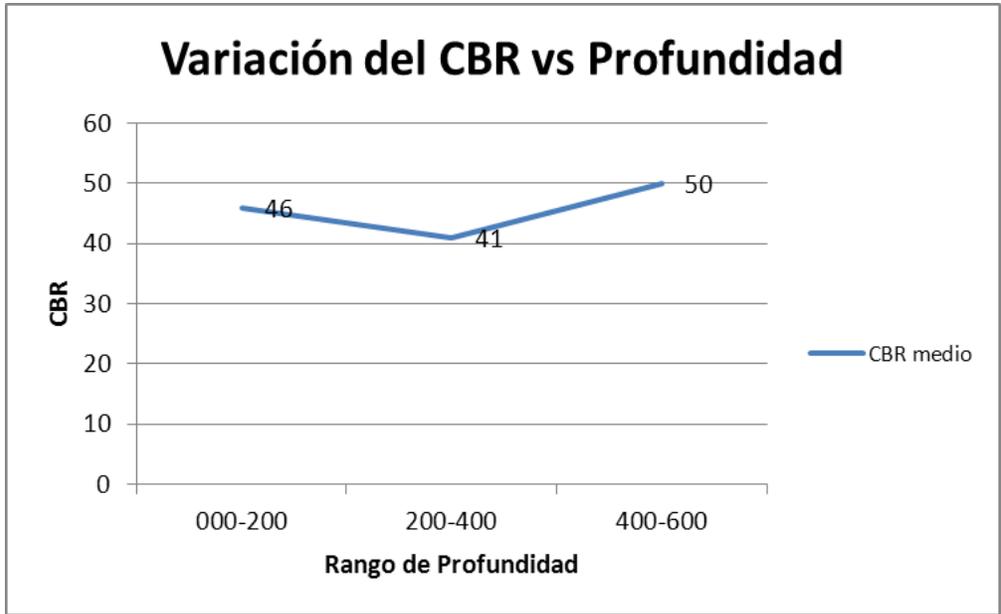


Figura 3.13: gráfico de valores promedios de (CBR) y su variación contra la profundidad

Teniendo en cuenta la siguiente expresión $\{M_E=75\log(\text{CBR})^{1.55}\}$ de las Normas AASHTO-93, se determinaron los valores de Módulos Elásticos a partir de los valores promedios del CBR, mostrándose a continuación.

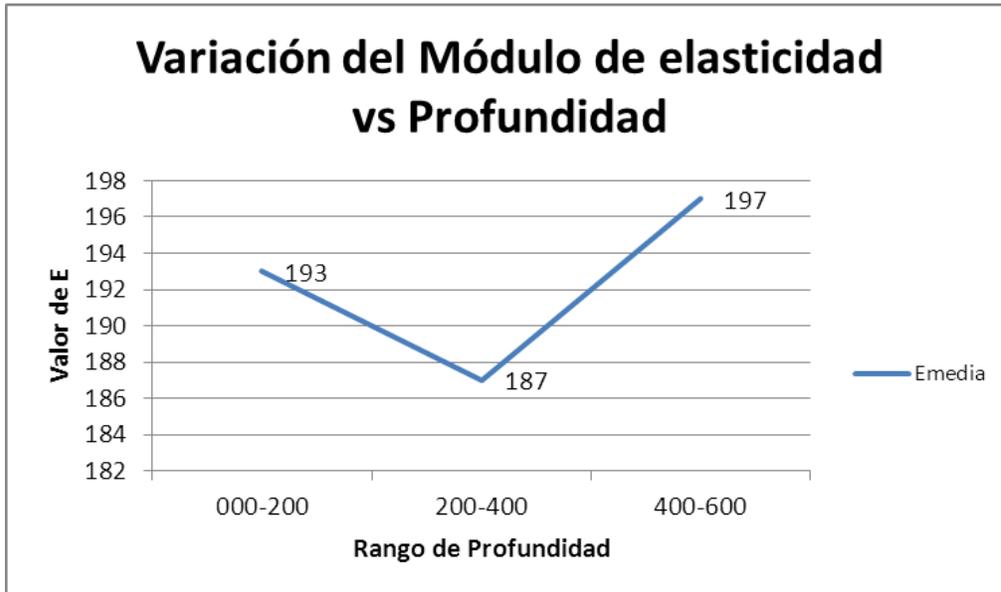


Figura 3.14: gráfico con los valores promedios de E en MPa y su razón de variación con la profundidad.

3.3. Evaluación de la cantera para los materiales de préstamo

Cantera rio Jiguaní

Esta cantera se encuentra ubicada aproximadamente en las coordenadas (X- 720 187.51; Y- 211 475.12,), hoja cartográfica Yamanigüey (5277-I-c) a escala 1: 25 000, tiene accesos por la carretera

Descripción litológica

El material que constituye esta cantera está representado por serpentinitas fuertemente fracturadas, color gris verdoso, según la NC 63: 2000 Geotecnia. Clasificación de suelos para obras de transporte, clasifica como **A-2-7(Grava y arena limosa y arcillosa)**

Tabla 3.12: propiedades físicas y de compactación de los materiales presentes en esta cantera se ofrecen por datos promedios.

Granulometría		
Finos	Arena	Grava
% que pasa		
2	25	73

Plasticidad

LL-45 %

LP- 31 %

IP- 14 %

Peso específico: 26.8 kN/m³

Tabla 3.13: características de compactación

Energía Modificada				
Wopt	γf máx	γd máx	e	S
%	(kN/m³)	(kN/m³)		%
11.7	21.4	19.4	0.38	83

Tabla 3.14: características de resistencia a la penetración (%CBR) para las diferentes energías

Energía	% CBR saturado	
Modificada	95 %	100%
	23	74

Conclusiones

- 1 Se determinó que el corte ingeniero geológico de la base y sub- base de la carretera, hasta la profundidad de la investigación está constituido por los siguientes materiales.
 - **Relleno 1:** material gravo arenoso en ocasiones areno gravoso, con limo y arcilla, generalmente de color gris verdoso azulado, algo compacto, los fragmentos son de origen serpentinitico pero en ocasiones se incluyen fragmentos de caliza. Por la NC 63: 2000 incluye suelos tipo **A-1-a, A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-4, A-6, A-7-5 y A-7-6.**
 - **Capa 1:** material de color crema, algo húmedo, estratificado con aspecto de una arenisca calcárea, que se recupera en cilindros de hasta 10 cm, se observa la estratificación alternada entre el material fino de color crema y un material más grueso (tipo arenisca de granos finos) de color gris.
 - **Relleno 2:** constituido por un material arcillo arenoso, de baja plasticidad, en ocasiones con gravas, generalmente de color blanco amarillento, compacto y húmedo, los fragmentos son de origen serpentinitico pero en ocasiones se incluyen fragmentos de caliza. El espesor es de 0.75 m en las calas 17, 18 y 19. Por la NC 63: 2000 incluye suelos tipo **A-4, A-6 y A-7-5.**
 - **Capa 2:** arcilla arenosa de color crema, compacta y húmeda, presenta gravas de caliza, con intercalaciones de una caliza estratificada, color crema, de muy baja resistencia. Según la NC 63: 2000, incluye suelos del tipo **A-6.**
 - **Capa 3:** constituida por una arena limosa con gravas, color crema a veces con tonos amarillentos, la compacidad es alta. Fue cortada en las calas 22 y 23, con espesor de 2.95 m en las calas 22 y 23. Según la NC 63: 2000 incluye suelos del tipo A-4 y A-6.

Existen otras capas litológicas que por su posición en el corte (Sub -base) no resultan de mucha importancia (**capas 5 a la 9**), solo la **capa 4** que por estar constituida por arcillas de alta plasticidad pueden constituir un aspecto desfavorable por su potencialidad para el hinchamiento.

2 Se determinaron las propiedades físico mecánica de los suelos que constituyen base y sub –base de la carretera.

3 En la cala A se cortó el nivel de las aguas subterráneas a 2.10 m, esta zona es la de mayor riesgo desde el punto de vista hidrogeológico, estas aguas se clasificaron por su química como bicarbonatadas, magnésico cálcicas, según las sales solubles totales (SST <1.0 mg/litro); clasifican como aguas dulces, blandas por su dureza y neutras por su pH, no presentan ningún tipo de agresividad., también se determinaron parámetros de saturación y humedad.

4 Solo pudo evaluar una cantera (Río Jiguaní), constituida por serpentinita fuertemente fracturada donde existen volúmenes suficientes para llevar a cabo una explotación racional de la misma. En la zona de Maraví se encuentra un molino que tuvo que descartarse por su cambio de uso actualmente uso turístico.

5 Con el análisis de la inspección visual realizada se pudo determinar que existe un alto grado de deterioro en el pavimento, deterioro que abarca desde la superficie hasta la base del mismo. Teniendo en cuenta todo lo expresado anteriormente, las condiciones ingeniero geológicas actuales del área de emplazamiento de la carretera son desfavorables.

Recomendaciones

- 1 Garantizar el drenaje lateral y la conformación de paseos y cunetas, para que las aguas superficiales no se estanquen y provoquen el humedecimiento del terraplén con su consecuente deterioro
- 2 Existen zonas donde la solución para mitigar un poco la problemática del deterioro del terraplén es sustituir una parte del espesor del relleno que se encuentra generalmente con una alta humedad.
- 3 Retirar el enyerbamiento de los paseos, que además de conservar una alta humedad constituye un impacto visual negativo.
- 4 Cuando se vaya a explotar la cantera se debe limpiar bien la zona retirando el material muy alterado para lograr parámetros de compactación favorables con el material que se utilice.
- 5 Llevar a cabo un control estricto de los parámetros de compactación del material de la cantera estudiada y sobre todo cuando se realiza la apertura de nuevos frentes de explotación

Referencias bibliográficas

Publicaciones del autor.

Bibliografía Consultada.

Catálogo Iberoamericano de Deterioros. Año 2002

CAMPOS, M. 1983, *Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de las provincias de Holguín y Guantánamo. Revista Minería y Geología No.2.*

DOMÍNGUEZ G LEOMARIS 2005, *Morfotectónica del área comprendida entre el poblado de Yamanigüey y la ciudad de Baracoa con vista a la planificación turística.*

D1557-91.Reparada1998, *Proctor modificado*

D1883-94.*CBR Modificado*

GONZÁLEZ DE VALLEJO ET AL 2002, *Prentice hall. Pearson, Ingeniería Geológica. Educación. Madrid.*

G. L. FRANCO EN: E. NAGY ET AL., 1976, *Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000. Inst. Geol. Paleont., Acad. Cienc. Cuba, La Habana (inédito).*

ITURRALDE VINENT 1996a, *Nueva sistematización para para toda Cuba incluyendo el bloque oriental.*

ITURRALDE VINENT 1998, *Sinopsis de la constitución geológica de Cuba Actas Geológicas Hispana 33(1-4):9-56.*

Informe técnico ingeniero geológico Carretera Moa Baracoa. Tramo rio Jiguaní-Toa ENIA

J.BRÓDERMANN, 1940, *Determinación geológica de la Cuenca Vento. Rev. Soc. Cubana Ing., 34:272-315.*

K. BREZSNYANSZKY Y E. NAGY EN: E. NAGY ET AL., 1976, *Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000. Inst. Geol. Paleont., Acad. Cienc. Cuba, La Habana (inédito).*

NC 19:1999, *Determinación del peso específico de los suelos*

NC 20: 1999, *Determinación de la granulometría de los suelos*

NC 58: 2000, *Determinación de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad*

NC 67: 2000, *Determinación del contenido de humedad de los suelos y rocas en el laboratorio*

NC-156:2002, *Determinación de peso específico natural*

NC 62: 2000, *Determinación de la resistencia a la comprensión axial de especímenes de roca*

NC 54-310-1985, *Materiales y producto de la construcción Agua. Determinación de su agresividad al hormigón*

M. T. Kozary, 1955d, *Geologic map of Sierra Maestra 1:40 000. Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).*

M. T. KOZARY, 1995^A, *Geological reconnaissance of the Guantanamo basín area. Centro Nac. Fondo Geol., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).*

M. ITURRALDE, 1976, *Estratigrafía del área Calabazas- Achotal (primera parte). La Minería en Cuba, La Habana, 2(4):9-24.*

OLIVA et al 1989, *Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía, ACC.*

PROENZA 1999a et al, *Los niveles de gabro bandeados en el macizo ofiolítico Moa – Baracoa Cuba, gabros característicos de ofiolitas de zona de supra subducción Minería y Geología Volumen 16 # 2.*

PROENZA ET. AL 2000, *Los depósitos de cromita de la faja ofiolítica Mayarí – Baracoa (Cuba oriental): un resultado de proceso de zona de supra subducción, implicaciones en la prospección de cromitas: tercera conferencia internacional sobre geología de Cuba.*

PORTELA PEREZA 1990 , *Hernández Santana J., Díaz, González Ortiz R., y Arteaga Barrios F.: estudio morfotectónico de Cuba oriental donde exponen los criterios geomorfológicos para la clasificación morfotectónica de Cuba Oriental.*

QUINTAS 1989, *Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis doctoral, Departamento de Geología, I.S.M.M.*

TORRES M 1987, *Características de las asociaciones ofiolítica de la región norte de Moa – Baracoa y su relación con el arco volcánico Cretácico, trabajo de diploma centro de información ISMM-*

Bibliografía Consultada.

ASTRAÍN P.J. et Al, 1990. *Metodología para el levantamiento ingeniero geológico regional básico. U.C.M, c. Habana.*

A.C.C. Instituto de Geología y Paleontología. *Contribución a la Geología de Cuba Oriental.*

Campo M 1989, *estructura de las ofiolitas de Cuba oriental fondo geológico del ISMM.*

G.Gorshkov.a.Yakushova 1967, *Geología General. Capítulo X Lagos Pantanos y su acción geológica. Editorial Pueblo y Educación*

ITURRALDE VINENT 1990, *Las ofiolitas en la constitución geológica de cuba*
.Ciencia de la Tierra y el espacio # 17.

ITURRALDE VINENT 1997, *Sinopsis de la constitución y evolución geológica de Cuba. Inédito.*

INSTITUTO CUBANO DE GEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA, 1994. *Nuevo Léxico Estratigráfico de la República de Cuba. La Habana.*

MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DE CUBA A ESCALA 1: 100 000
(Edición actualizada). Instituto de Geología y Paleontología. Posterior al año 1985

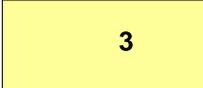
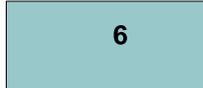
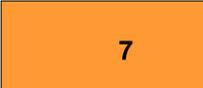
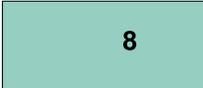
PROENZA J. 1995., *Asociación ofiolítica en el noreste de Cuba oriental. Inédito.*
Departamento de Geología, I.S.M.M.,

SALIFU IBN ABDULAI, 2013, *Caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa- Baracoa en el tramo Moa – Jaguaní*

TORRES M, FONSECA E 1990, *Características geólogo – petrológicas del contacto entre la asociación ofiolítica y el arco volcánico en Moa –Baracoa. Boletín de Geo ciencia*

Anexos

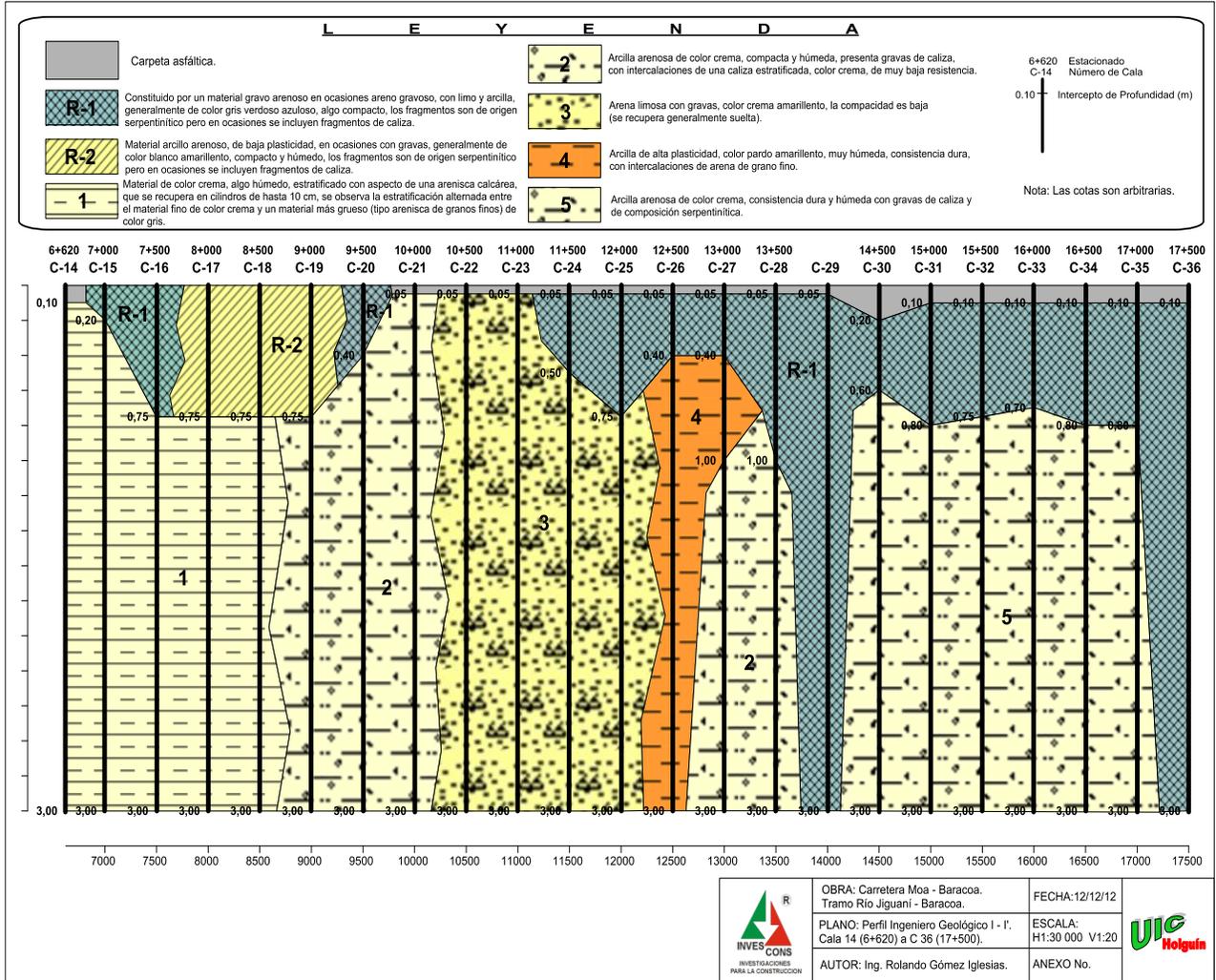
LEYENDA

	Constituido por un material gravo arenoso en ocasiones areno gravoso, con limo y arcilla, generalmente de color gris verdoso azulado, algo compacto, los fragmentos son de origen serpentinitico pero en ocasiones se incluyen fragmentos de caliza
	material arcillo arenoso, de baja plasticidad, en ocasiones con gravas, generalmente de color blanco amarillento, compacto y húmedo, los fragmentos son de origen serpentinitico pero en ocasiones se incluyen fragmentos de caliza
	Material de color crema, algo húmedo, estratificado con aspecto de una arenisca calcárea, que se recupera en cilindros de hasta 10 cm, se observa la estratificación alternada entre el material fino de color crema y un material más grueso (tipo arenisca de granos finos) de color gris.
	Arcilla arenosa de color crema, compacta y húmeda, presenta gravas de caliza, con intercalaciones de una caliza estratificada, color crema, de muy baja resistencia
	Constituido por una arena limosa con gravas, color crema amarillento, la compacidad es baja (se recupera generalmente suelto)
	Arcilla de alta plasticidad, color pardo , muy húmeda, consistencia dura, con intercalaciones de arena de grano fino
	Arcilla arenosa de color crema, consistencia dura y húmeda con gravas de caliza y de composición serpentinitica.
	Serpentinita meteorizada en diferentes grados, color gris verdoso, con manchas de óxidos de hierro, se recupera fracturada y con abundantes grietas en todas direcciones. Resistencia muy baja.
	Suelo de composición limo arcilloso, color pardo rojizo a pardo amarillento con gravas de caliza. Consistencia dura.
	Suelo arcillo arenoso de origen calcáreo, color gris verdoso a gris claro, poco húmedo y muy compacto.
	Arenisca de granos medios a gruesos, redondeados, color pardo amarillento, de resistencia muy baja

1 Perfiles ingeniero geologicos

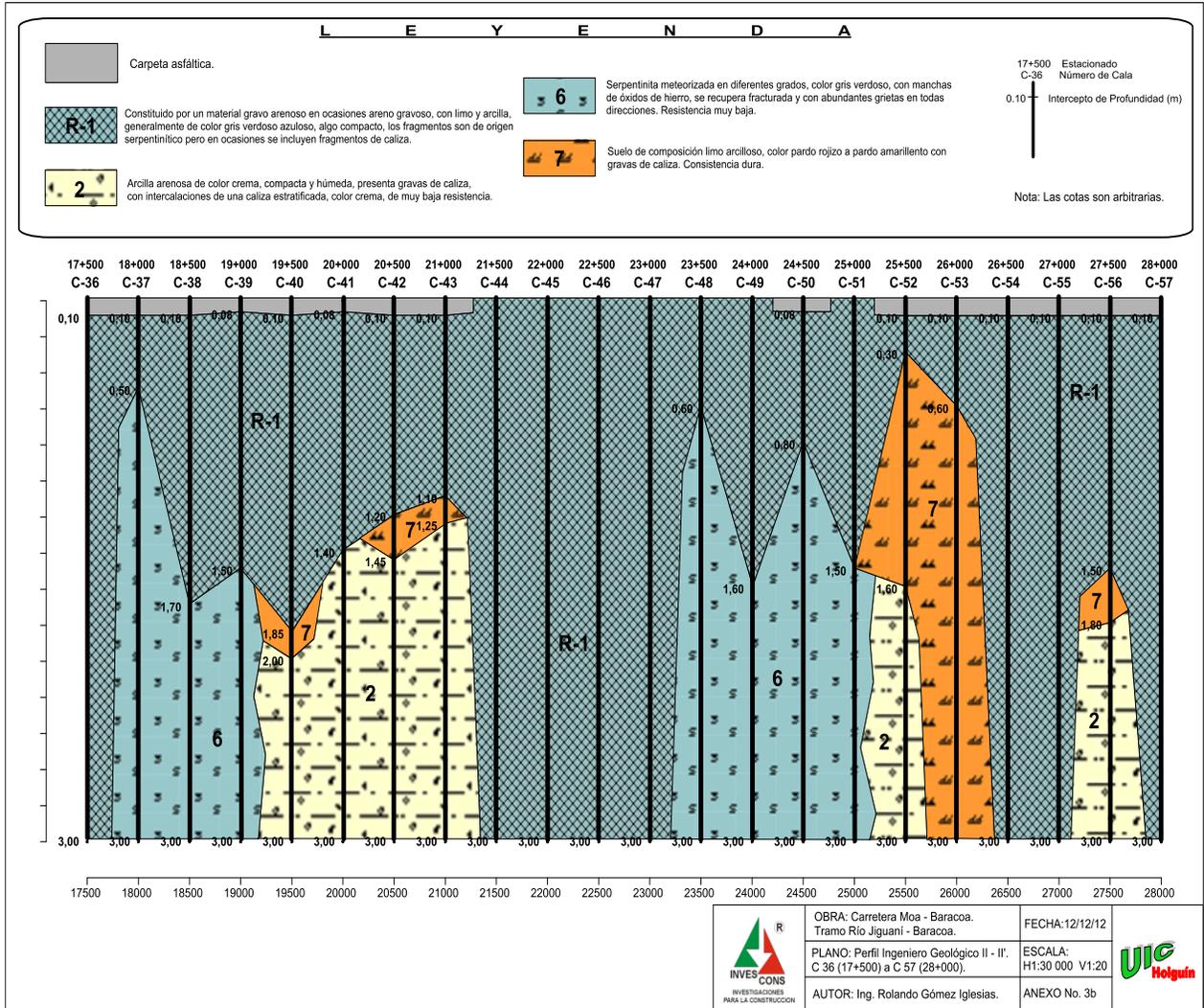
1a

Perfil 1-1C14 aC36



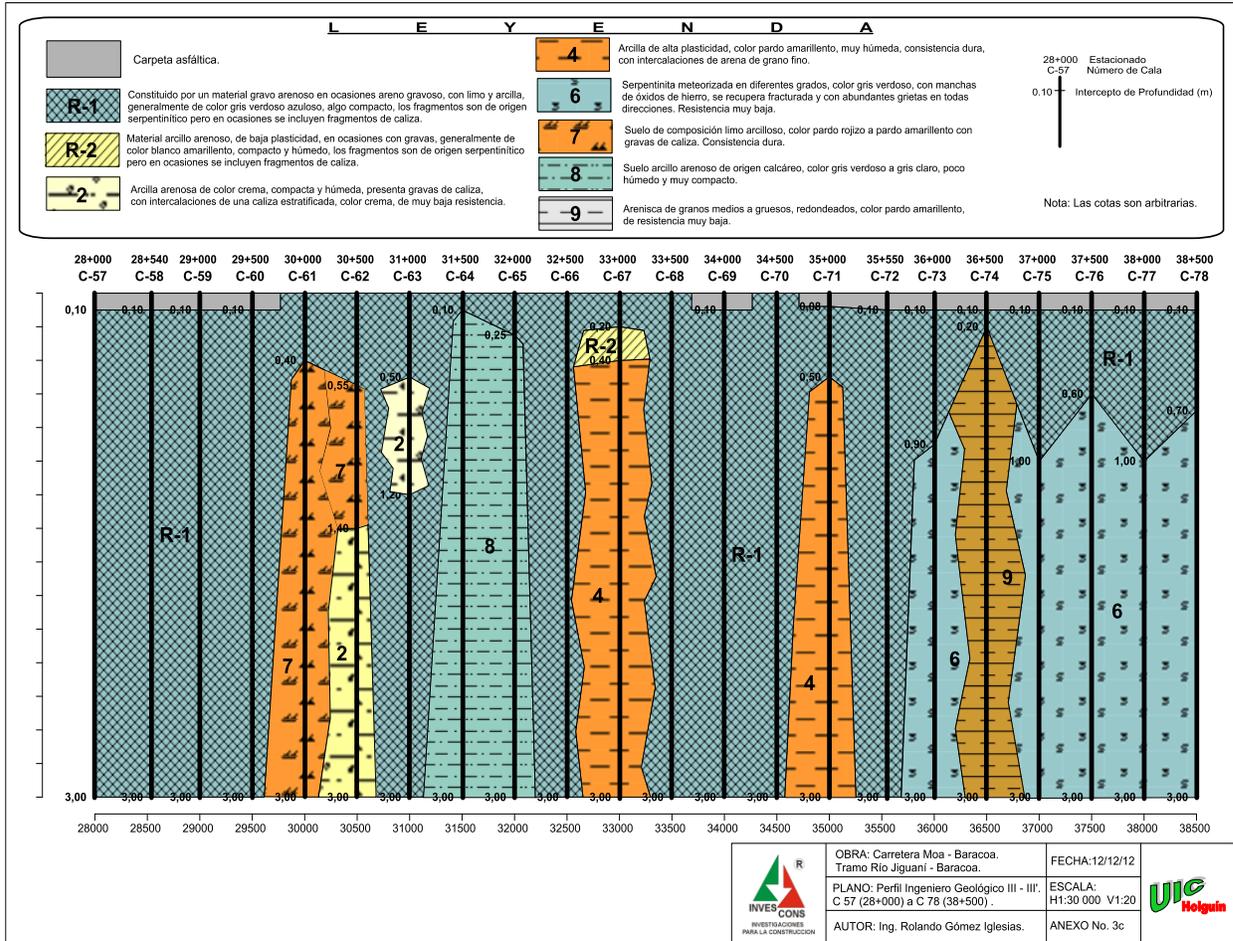
2a

Perfil 2-2 C36 a C57



3a

Perfil 3-3 C57 a C78



2 Columnas litológicas

2b

C14, 18, 20



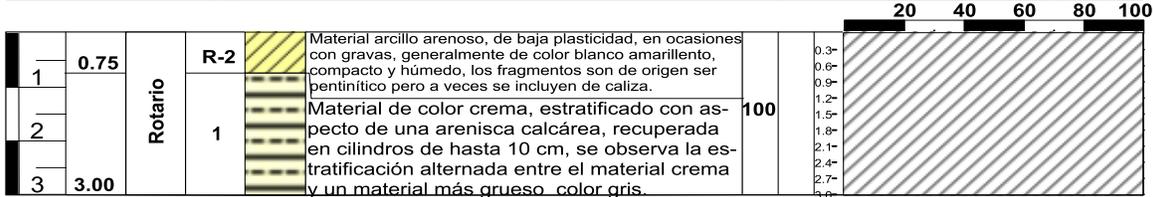
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
Unidad de Investigaciones para la Construcción - Holguín
COLUMNA LITOLOGICA



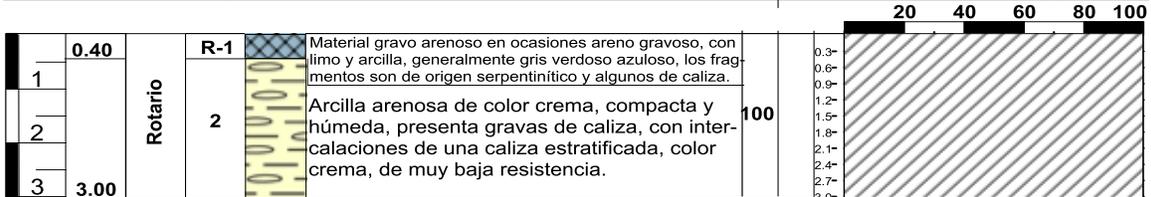
OBRA :Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 13-08-2012
CALA: 14	COORDENADAS X: 710654.21 Y: 218396.20 Z: 17.70	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



OBRA :Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 14-08-2012
CALA: 18	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



OBRA :Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 14-08-12
CALA: 20	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



3b

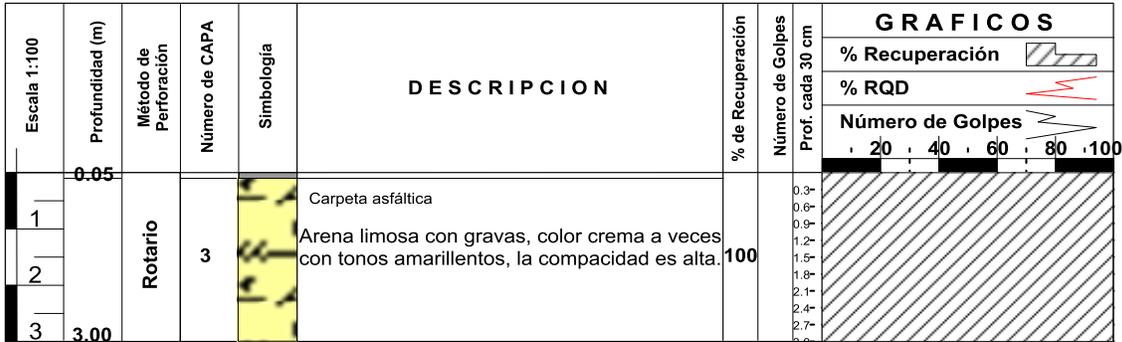
C23, 26, 31



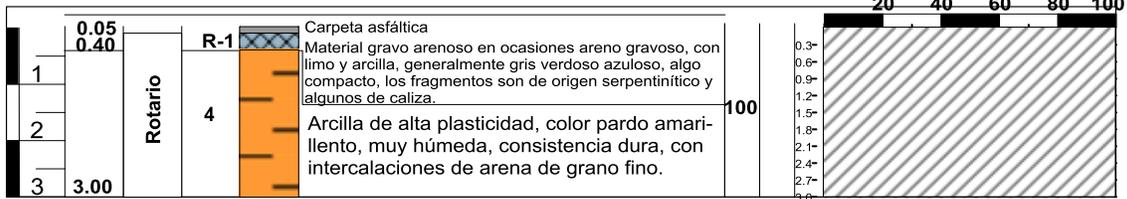
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
Unidad de Investigaciones para la Construcción - Holguín
COLUMNA LITOLÓGICA



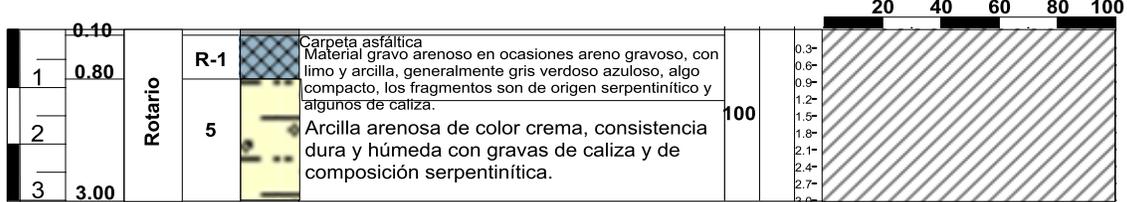
OBRA :Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 14-08-2012
CALA: 23	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



OBRA :Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 14-08-2012
CALA: 26	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



OBRA : Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 15-08-12
CALA: 31	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



4b

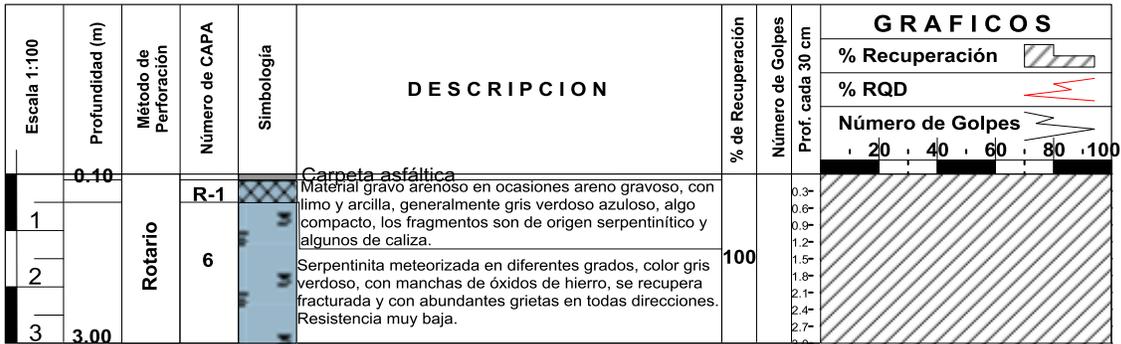
C 37, 42, 47



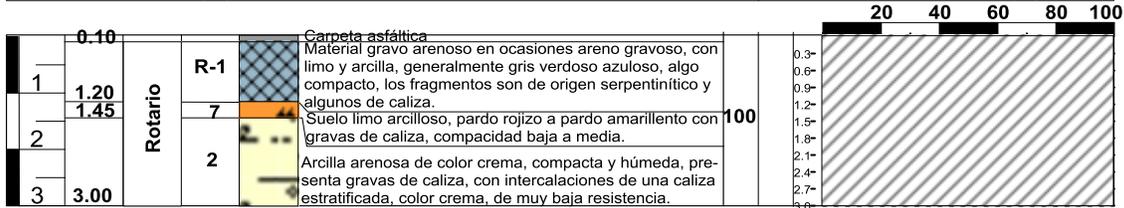
**Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
Unidad de Investigaciones para la Construcción - Holguín
COLUMNA LITOLÓGICA**



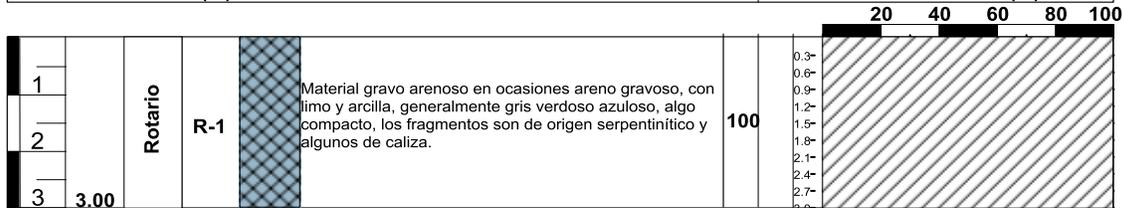
OBRA :Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 13-08-2012
CALA: 37	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



OBRA :Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 13-08-2012
CALA: 42	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



OBRA : Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa		Fecha de perforación: 13-08-12
CALA: 47	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



5b

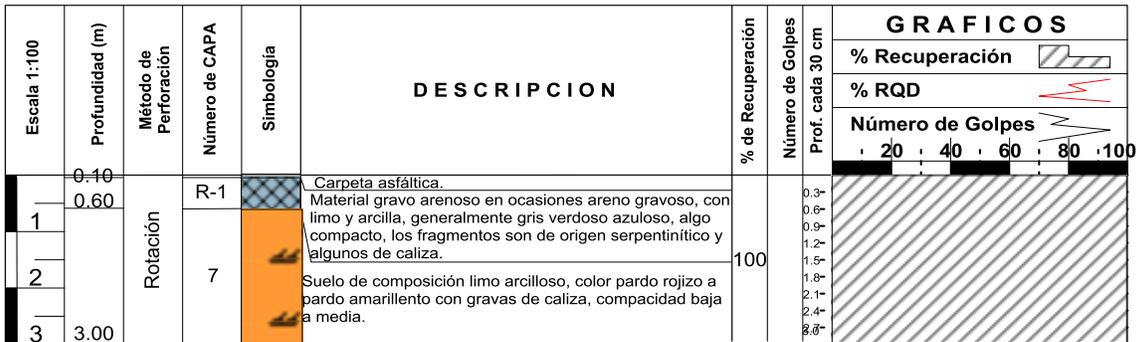
C 53, 64, 786



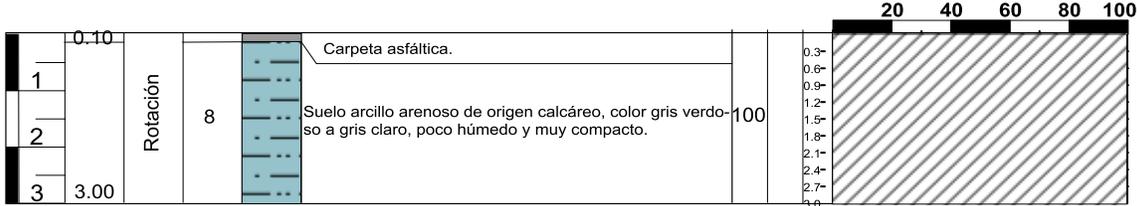
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
Unidad de Investigaciones para la Construcción - Holguín
COLUMNA LITOLÓGICA



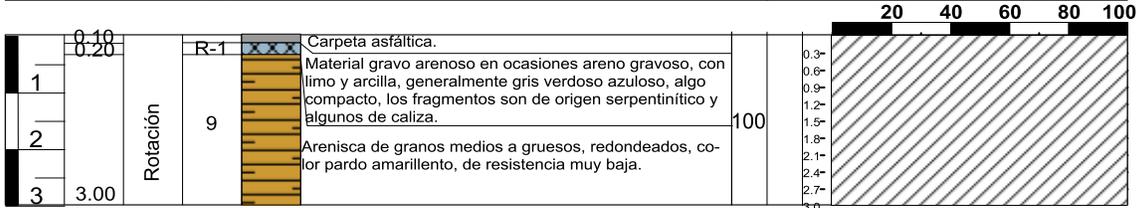
OBRA : Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa.		Fecha de perforación: 12-08-2012
CALA: 53	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



OBRA : Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa.		Fecha de perforación:
CALA: 64	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m):
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m):



OBRA : Carretera Moa Baracoa. Tramo Río Jiguaní Baracoa.		Fecha de perforación: 12-08-2012
CALA: 74	COORDENADAS X: Y: Z:	Prof. del Nivel Freático (m): -
Profundidad Total (m): 3.00		Cota del Nivel Freático (m): -



Anexo 4

Estacionado	CBR (%)		
	Prof. 000 – 200mm	Prof. 200 – 400mm	Prof. 400 – 600mm
6+500 SI	42	27	36
6+800 SD	38	26	38
7+100 SI	42	25	34
7+400 SD	54	48	40
7+700 SI	62	36	30
8+000 SD	54	58	48
8+300 SI	49	56	50
8+600 SD	70	70	62
8+900 SI	62	60	60
9+200 SD	61	65	60
9+500 SI	62	64	60
9+800 SD	56	59	61
10+100 SI	34	24	53
10+400 SD	34	73	65
10+700 SI	29	24	44
11+000 SD	45	23	22
11+300 SI	61	25	36
11+600 SD	76	63	60
11+900 SI	36	40	70
12+200 SD	50	46	38
12+500 SI	42	57	55
12+800 SD	43	40	70
13+100 SI	65	27	60
13+400 SD	49	67	60
13+700 SI	33	37	70
14+000 SD	45	38	70
14+300 SI	31	20	35
14+600 SD	43	22	50
14+900 SI	50	22	36

15+200 SD	53	38	42
15+500 SI	31	25	51
15+800 SD	44	31	60
16+100 SI	37	25	21
16+400 SD	64	63	60
16+700 SI	50	30	51
17+000 SD	60	63	60
17+300 SI	54	77	70
17+600 SD	65	48	70
17+900 SI	46	29	56
18+100 SD	45	37	80
18+400 SI	54	62	60
18+700 SD	60	51	50
19+000 SI	31	23	51
19+300 SD	40	22	28
19+600 SI	44	17	22
19+900 SD	36	36	56
20+200 SI	36	24	40
20+500 SD	47	36	23
20+800 SI	26	23	29
21+100 SD	48	21	23
21+400 SI	28	26	32
21+700 SD	24	17	22
22+000 SI	34	29	24
22+300 SD	27	18	48
22+600 SI	37	25	50
22+900 SD	41	23	34
23+200 SI	44	29	50
23+500 SD	27	26	35
23+800 SI	46	25	41
24+100 SD	33	24	32
24+400 SI	34	23	23

24+700 SD	38	22	24
25+000 SI	41	29	34
25+300 SD	57	55	50
25+600 SI	42	38	56
25+900 SD	47	34	36
26+200 SI	51	49	48
26+500 SD	62	40	34
26+800 SI	42	26	65
27+100 SD	40	41	40
27+400 SI	50	70	65
27+700 SD	30	28	64
28+000 SI	59	50	45
28+300 SD	31	15	22
28+600 SI	65	30	30
28+900 SD	27	19	39
29+200 SI	53	59	50
29+500 SD	46	33	63
29+800 SI	39	62	60
30+100 SD	51	26	47
30+400 SI	48	60	70
30+700 SD	48	22	42
31+000 SI	52	47	70
31+300 SD	42	32	55
31+600 SI	43	30	50
31+900 SD	42	29	45
32+200 SI	48	39	50
32+400 SD	28	28	52
32+700 SI	27	48	65
33+000 SD	27	24	35
33+300 SI	50	26	40
33+600 SD	50	32	47
33+900 SI	67	75	70

34+200 SD	36	54	90
34+500 SI	40	77	70
34+800 SD	25	30	28
35+100 SI	66	62	60
35+400 SD	20	23	27
35+700 SI	53	30	25
36+000 SD	63	66	60
36+300 SI	64	41	60
36+600 SD	65	82	70
36+900 SI	70	72	70
37+200 SD	60	74	70
37+500 SI	50	70	70
37+800 SD	56	75	80
38+100 SI	56	80	86
38+400 SD	54	30	70
38+500 SI	81	65	65