

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
“HNOS. SAIZ MONTES DE OCA”
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS



**CATASTRO DIGITAL DE PRÉSTAMOS DE MATERIALES DE LA
CONSTRUCCIÓN PARA LA PROVINCIA DE PINAR DEL RÍO.**

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Geología
(Mención Geología Ambiental)**

Autora: Ing. Darlenys Govea Blanco

Tutores: Dr. Cs. Rafael Martínez Silva

Dr. C. Alexis Ordaz Hernández

Pinar del Río
2015

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Los resultados que se exponen en la presente tesis se han alcanzado como consecuencia del trabajo realizado por el autor y asesorado y/o respaldado por la Unidad de Investigaciones Aplicadas (UIC) y la Universidad de Pinar del Río. Por tanto, los resultados en cuestión son propiedad del autor y de estas instituciones y solo ellas podrán hacer uso de los mismos de forma conjunta y recibir los beneficios que se deriven de su utilización.

Ing. Darlenys Govea Blanco

Agradecimientos

Agradezco a mis dos tutores por el apoyo brindado durante el transcurso de esta investigación.

A mis compañeros del departamento de Ingeniería Geológica por la comprensión y el ánimo ofrecido en el transcurso de esta tesis.

Agradezco a Tony García por su incondicional ayuda.

A toda la familia que de una forma u otra aportaron su granito de arena.

A todos en general muchas gracias por contribuir y ayudarme en esta investigación.

RESUMEN

Antes de realizar cualquier proyecto relativo a la construcción de obras de tierra, es necesario conocer las características propias de la geología ingeniera del terreno involucrado. La información referida a las fuentes de materiales de la construcción de la provincia de Pinar del Río se encuentra fragmentada y dispersa en los archivos especializados de las unidades que se dedican a esta actividad, lo que dificulta su reinserción en proyectos futuros. Es por ello que este trabajo presenta el Catastro Digital para préstamos de materiales de la construcción en la provincia de Pinar de Río, proporcionando la información preliminar relativa a préstamos localizados en la provincia, con un fundamento geotécnico de cada uno de ellos. La metodología aplicada estuvo basada en la agrupación de toda esta información en una base de datos elaborada en Microsoft Excel 2010, tabulados en el sistema de información geográfica (SIG), (MapInfo 10.5), obteniendo como resultado la ubicación espacial de los 162 préstamos, evidenciando un predominio de mayor cantidad de préstamos en el municipio de Pinar del Río. Los préstamos principalmente corresponden a materiales arcillosos, areno gravosos, los que se pueden emplear en presas de tierra, carreteras, colchones de arcilla, canales, así como en la industria de cerámica roja y como materiales de construcción para diferentes usos.

Palabras clave: Catastro digital, Préstamos, Materiales de la construcción.

ABSTRACT

Before of carry out any project on building of land structures, it is necessary to know the characteristics of the own soils and furthermore have your places of stances. For this reasons the present works will gives the preliminary location of loans and quarries to evaluate their potentials reserves that requires the projects necessitates.

The required information of sources of construction materials is very broken in fragments and it disperse in the files of the units that are devoted to that task what hinders their insert in future projects. It is for it that this work present the digital census of construction materials in the Pinar del Río County, providing the preliminary information relative to loans located in the county with a geotechnical foundation of each one. The applied methodology was based in one group of all that information in a database elaborated by means of the Microsoft Excel 2010 tabulated in the system of geographical location (SIG) (MapInfo 10.5), obtaining the space location of 162 loans, as a result evidencing a prevalence in the municipality of Pinar del Río. We lend then fundamentally they correspond to clay and sandy with gravel, those that can be used in earth work, in road, channels, red ceramic industries and construction materials for different applications.

Key words: loans, digital census, construction materials.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I. Marco teórico referencial	6
I.1. Consideraciones generales para la gestión de materiales de construcción.....	6
I.1.1. Estructuras de tierra en obras lineales	8
I.1.2. Obras hidráulicas de presas de tierras	16
I.2. Problemática ambiental vinculada a la explotación de préstamos.	20
I.3. Experiencias en la elaboración de catastros de préstamos para materiales de la construcción.	22
Capítulo II. Características físico geográficas y geológicas del área de estudio.	28
II.1. Características geográficas.....	28
II.1.1. Ubicación geográfica.	28
II.1.2. Clima.	29
II.1.3. Relieve.	29
II.1.4. Hidrografía	30
II.1.5. Vegetación.	31
II.1.6. Características económicas.	32
II.1.7. Vías de comunicación.	32
II.2. Principales rasgos geológicos de la región.	33
II.2.1. Tectónica.	39
Capítulo III. Procesamiento de la información.....	41
III.1. Materiales	41
III.2. Método de Investigación	43
Capítulo IV. Aplicación de los resultados obtenidos	49
IV.1. Catastro y caracterización de los préstamos de la provincia de Pinar del Río	49
IV.2. Aplicaciones vinculadas al manejo del catastro de préstamos de la provincia de Pinar del Río.	53
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Sección de pavimento flexible para un terreno de fundación de baja calidad (Valle Rodas, 1975).	10
Figura I.2. Clasificación de suelos para terraplenes según su plasticidad, (Tomada de González de Vallejo, Capítulo 12).	13
Figura II.1. Ubicación geográfica de la provincia de Pinar del Río.	28
Figura II.2. Mapa de relieve de la Provincia de Pinar del Río.	30
Figura II.3. Red vial de la provincia de Pinar del Río	33
Figura II.4 Mapa Geológico de la provincia de Pinar del Río, Escala 1:100 000	38
Figura III.3. Mapa de puntos de los préstamos de materiales de construcción de la provincia de Pinar de Río.	47
Figura IV.1. Cantidad de préstamos por municipio en la provincia de Pinar del Río.	50
Figura IV.2. Ubicación de préstamos de acuerdo a su clasificación por el HRB.....	51
Figura IV.3: Mapa de Ubicación Geográfica Proyecto Vial de Acceso a Planta Procesadora Castellanos. (Rosa, 2014)	57
Figura IV.4. Catastro de préstamos de materiales de la construcción para la obra Vial de Acceso a Planta Procesadora Castellano.	58
Figura IV.5. Punta Colorada Golf y Marinas. Enmarcamiento Regional.....	59
Figura IV. 6. Punta Colorada Golf y Marina. Propuesta de Zonificación.....	60
Figura IV.7. Catastro de materiales de la construcción que muestra los préstamos más cercanos en el municipio, con posibilidades de uso, en el objeto de obra.....	61
Figura IV.8. Localización de los objetos de obra del proyecto.	62
Figura IV.9: Vista de la carretera desde el puente y terraplén por donde se construirá el desvío.....	63
Figura IV.10. Perfil longitudinal del tramo Isabel Rubio - Guane	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Transformaciones y coeficientes sobre desmonte (SD), esponjado(E) y compactado(C) de los estados de los suelos (Tomado de Construcción Industrial, tomo I, página 64).....	7
Tabla 2. Categoría de subrasante (NC 334/2004)	11
Tabla 3. Requisitos para materiales de subbase granular. (Tomada de Valle Rodas, 1975).....	12
Tabla 4. Requisitos para materiales de base granular (Tomado de Valle Rodas, 1975)	12
Tabla 5. Caracterización de suelos y rocas según la resistencia a la compresión simple. (AIME, 2009).....	15
Tabla 6. Clasificación según el Sistema de Clasificación de Suelo (SUCS), Martínez, 2011.	18
Tabla 7. Impactos geoambientales en la construcción y explotación de presas. (Tomado de González Vallejo, Capítulo 11 Presas).....	19
Tabla 8. Resumen de trabajos anteriormente realizados en la provincia, relacionados con la integración de datos geotécnicos y otros, sobre los préstamos y canteras.	26
Tabla 9. Fragmento de la base de datos creada en Excel 2010.	45
Tabla 10. Posible préstamos a utilizar el Trazado del Vial de Acceso Santa Lucía Castellanos.....	57
Tabla 11. Propiedades físico mecánicas de los préstamos propuestos para la obra Punta Colorada Golf y Marina.	61
Tabla 12. Coordenadas Lambert de los objetos de obra del proyecto.....	62
Tabla 13. Posibles préstamos a utilizar Tramo Isabel Rubio-Guane y en el Desvío Martí ESBEC Mártires del Corinthia-km 9 carretera Guane-Mantua.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No 1: Catastro digital para la gestión de préstamos de materiales de la construcción para la provincia de Pinar del Río.	74
---	----

INTRODUCCIÓN

Es de gran interés para proyectistas y geotécnicos dedicados al ejercicio de la Ingeniería Geológica, contar con una herramienta que facilite una primera referencia en el empeño de prospeccionar los materiales de construcción. En este sentido la provincia de Pinar del Río se encuentra en una etapa de desarrollo urbanístico, construcción y mantenimiento de viales y construcción de nuevas obras hidráulicas que requieren continuamente de la localización de préstamos que satisfagan las necesidades de proyectos.

Las soluciones constructivas requieren el empleo de una amplia gama de materiales, los cuales poseen diferentes especificaciones técnicas, de forma general los más empleados son: arcillas, arenas, gravas, piedra triturada, piedras para revestimiento u ornamentación.

El creciente desarrollo constructivo de Pinar del Río desde 1960, ha dado solución a un grupo importante de necesidades económicas y sociales, como son, (fondo habitacional, obras hidráulicas y obras lineales) y trajo acompañado un número importante de investigaciones y explotaciones de préstamos para satisfacer sus demandas. Estas acciones mineras, ocasionaron problemas ambientales en el territorio como son (pérdida de la cobertura vegetal, transformaciones en el paisaje, contaminación de acuíferos, entre otros), ocasionando un desbalance entre el uso constructivo del suelo y el uso agrícola.

Uno de los problemas ambientales en el territorio, el cual está contemplado dentro de la Estrategia Ambiental del CITMA como organismo rector de esta actividad, es precisamente la gran cantidad de áreas devastadas generadora de múltiples impactos negativos debido a la irracional explotación a que ha sido sometido el territorio en función del desarrollo de la actividad minera a cielo abierto en el mismo, así como la no observancia de lo legislado referente a esta actividad en materia de medio ambiente. Evidentemente, contar con una herramienta que optimice el aprovechamiento de los préstamos, es una vía científicamente argumentada en aras de minimizar los problemas anteriormente expuestos.

Una de las esferas de actuación de las ciencias con gran responsabilidad en el estudio, uso, explotación y conservación de los recursos naturales lo constituyen sin dudas las ciencias de la tierra en general y dentro de ellas ocupa un lugar importante la geología ambiental.

Una de las especialidades que últimamente ha dirigido su atención al estudio de problemas relacionados con esta ciencia es la ingeniería geológica, fundamentalmente aquella que tiene que ver con su cartografía, que puede ser considerada genéricamente como la técnica

de integración, síntesis y representación de las informaciones temáticas del área de la ingeniería geológica, aplicada fundamentalmente al planeamiento y gestión ambiental urbano y territorial. Permite además la formulación de los modelos de previsibilidad del comportamiento de los terrenos y el estudio de soluciones y variantes relacionadas con la intervención antrópica sobre el medio físico.

En concordancia con el concepto anterior, en esta tesis se considera el catastro de préstamos de materiales de la construcción como una de las informaciones temáticas, básicas para alcanzar un adecuado conocimiento ingeniero-geotécnico del área en estudio y de esta manera contribuir notablemente en la protección del medio ambiente, eliminando la explotación indebida e irracional que se está llevando a cabo en la provincia.

El archivo técnico de la Unidad de Investigaciones Aplicadas para la construcción, cuenta con estudios realizados a los préstamos explotados y sin explotar en la provincia de Pinar de Río, tanto en la parte norte como en la parte sur. Para un adecuado manejo de esta información, es necesario integrarla a una herramienta (Catastro, Mapa u otro similar) que permita al usuario su ubicación e identificación con determinada inmediatez, y conocer además algunas de sus principales características geólogo-geotécnicas.

De acuerdo con Bitar et al. (1992) las cartas geotécnicas representan la expresión práctica del conocimiento geológico aplicado a la gestión de problemas impuestos por el uso del suelo. Estas cartas geotécnicas permiten prever el desempeño de la interacción entre la ocupación y el medio físico, así como los conflictos entre las diversas formas de uso del suelo, además de orientar medidas preventivas y correctivas en el sentido de reducir los riesgos presentes en los diferentes usos del suelo.

Según la definición contenida en el Léxico de la Construcción (Colectivo de autores, 1973), se define como Préstamo el terreno, por lo general contiguo a un camino, donde se excava el volumen de tierras necesario para completar, con el material de los desmontes, el de los terraplenes.

En Pinar del Río se elaboró un trabajo por parte de Suarez (1994; 1995), donde ubica en las diferentes hojas cartográficas los préstamos que existían hasta ese momento, elaborando además las tablas con sus propiedades físicas y mecánicas, todo en formato duro lo que dificulta su consulta y actualización. Además, se han elaborado otros trabajos que han inventariado los préstamos con el objetivo de proponer planes de rehabilitación para los

mismos. Por lo antes expuesto, en la Unidad de Investigaciones para la Construcción estaba presente la problemática de no contar con un procedimiento para sistematizar la información sobre préstamos, la que se encuentra dispersa en cientos de investigaciones de diferentes tipos de obra en el archivo técnico, a la vez que agilice la búsqueda de información cuando se requiera en nuevas obras.

Diseño teórico de la investigación

Problema: La ausencia de un procedimiento en entidades de investigación geotécnica que permita organizar la información sobre los préstamos de materiales de la construcción y su integración en un SIG, facilitando su consulta y actualización, lo que limita su aprovechamiento en nuevos proyectos y provoca la apertura de nuevas zonas de préstamos.

Hipótesis: Si se diseña un procedimiento con la información de los préstamos de materiales de la construcción de la provincia de Pinar del Río, se podrá disponer de un catastro que facilite la toma de decisiones referidas al uso y manejo de la materia prima de esta región, permitiendo un mejor uso de la información que se encuentra dispersa y fragmentada en archivos técnicos.

Objeto: Préstamos de materiales de construcción en la provincia de Pinar del Río.

Objetivo general: Diseñar un procedimiento empleando el método de integración en plataforma SIG para los préstamos de materiales de la construcción en la provincia de Pinar del Río que contenga un inventario de las características físico mecánicas, permita una continua actualización, así como una mejor gestión de los mismos y su incorporación en nuevos proyectos de desarrollo.

Objetivos específicos

- Organizar en bases de datos georreferenciadas la información referente a préstamos de materiales de la construcción.
- Inventariar y completar la información geotécnica de los préstamos de la provincia de Pinar del Río.

- Elaborar un catastro con la información inventariada en plataforma SIG, que posibilite la evaluación y el manejo integral de los materiales presentes en cada préstamo.
- Crear una herramienta que facilite a los especialistas en geotecnia la elaboración de recomendaciones referentes al uso y explotación de préstamos con un gasto mínimo de recursos materiales y financieros, a la vez que permita su actualización permanente.
- Evitar la degradación ambiental por la apertura de nuevas áreas de explotación de materiales de la construcción.

Tareas a realizar:

1. Recopilación de datos de archivos.
2. Elaboración de base de datos en Microsoft Excel 2010.
3. Empleando el Sistema de Información

Geográfica SIG diseñar un procedimiento que permita la consulta y actualización de la información que se encuentra dispersa en los archivos especializado de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, sobre los préstamos de materiales de la construcción.

Novedad científica:

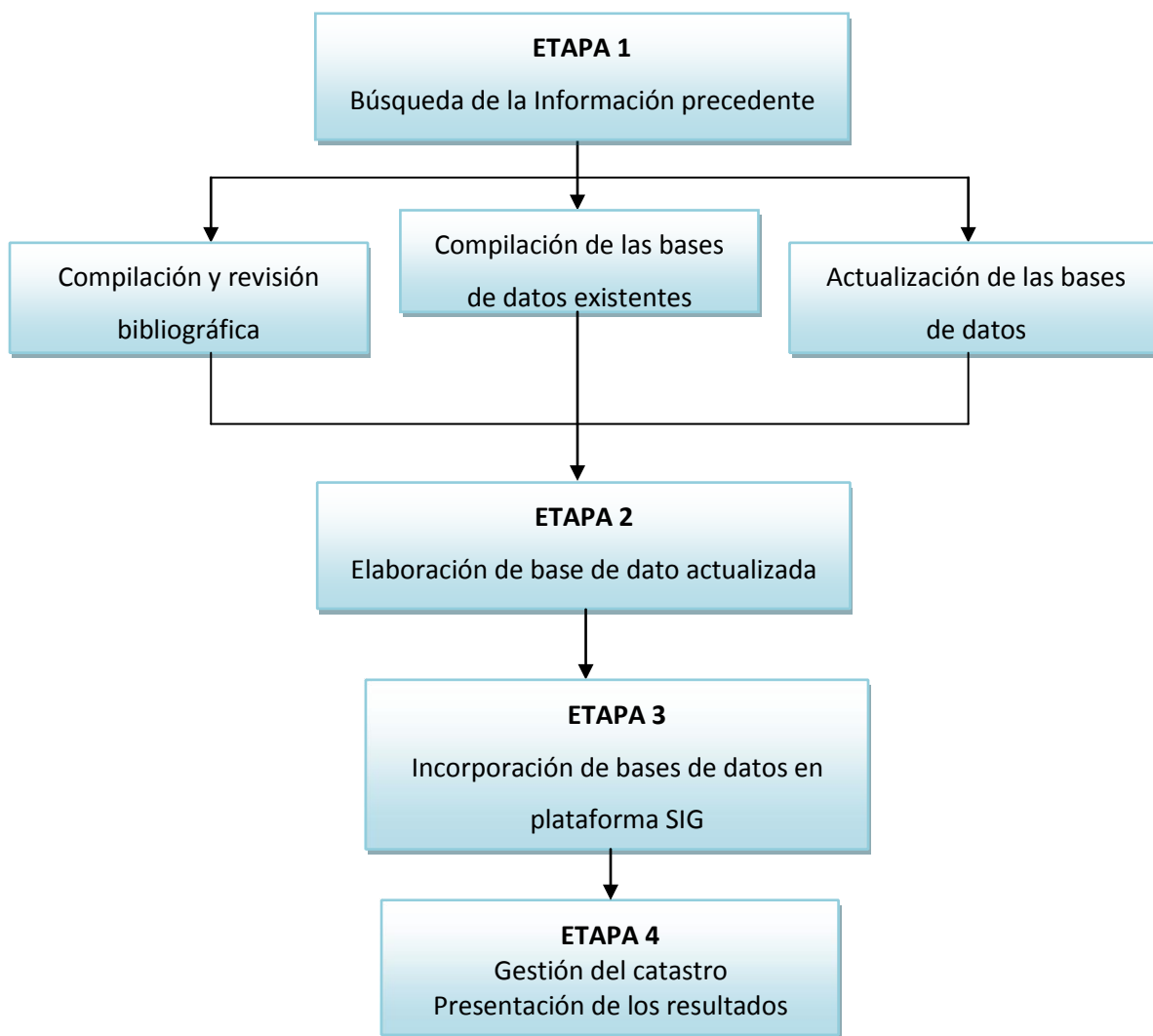
Elaboración de una herramienta SIG, orientada al manejo integral de los préstamos estudiados, según sus características geológicas, geotécnicas, ambientales y potencialidades de posible uso.

Resultados esperados:

1. Base de datos que contenga al menos los siguientes aspectos:
 - Nombre de cada préstamo
 - Coordenadas cartográficas (X y Y)
 - Descripción litológica
 - Clasificación por el Sistema de Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Highway Research Board (HRB)
 - Propiedades físico-mecánicas

2. Mapa de inventario de los préstamos de la provincia de Pinar del Río, con la ubicación espacial y características geotécnicas.
3. Diseño, confección y aplicación de la herramienta SIG a escala provincial.

Procedimiento de la investigación científica



Capítulo I. Marco teórico referencial

La elaboración del Catastro Digital de Préstamos de Materiales de la Construcción en la provincia de Pinar del Río, que satisfaga una explotación sostenible en el futuro, condujo a una revisión exhaustiva de los antecedentes del tema. Esto permitió tener una visión del estado del conocimiento actual de la temática que permitió entender y asimilar todas las especificaciones que trata la bibliografía sobre el problema que nos ocupa.

I.1. Consideraciones generales para la gestión de materiales de construcción

La búsqueda de materiales de construcción, en dependencia del tipo de aplicación, tiene sus especificaciones propias de proyecto, ya sea para rellenos tecnificados, estabilizaciones suelo-suelo o suelo-cemento, suelo-cal, capa de sub-base o de levante para pavimentos flexibles o rígido, terraplenes, puentes o aeropistas, presas de tierras y explanaciones. la búsqueda y explotación de materiales de construcción para diferentes tipos de obras, los cuales aparecen dispersos en distintas fuentes bibliográficas, lo que dificulta su consulta y generalización.

Una primera cuestión que interesa fundamentalmente en los sitios de préstamos, que han sido seleccionados o recomendados para la obtención del material destinado a la construcción de la obra, es conocer la clase de material existente y el volumen aproximado que puede ser excavable y removible: La Tabla 1 muestra los coeficientes para las transformaciones de los volúmenes equivalentes para pasar del estado sobredesmonte al esponjado y al compactado.

Tabla 1. Transformaciones y coeficientes sobre desmonte (SD), esponjado(E) y compactado(C) de los estados de los suelos (Tomado de Construcción Industrial, tomo I, página 64)

Clase de suelo	Estado del terreno	Transformaciones a:			Coeficiente	
		SD	E	C	Esponjado	Retenido
Arena	Sobredesmonte	1.0	1.11	0.95	1.11	0.90
	Esponjado	0.90	1.00	0.86		
	Compactado	1.05	1.17	1.00		
Tierra común	Sobredesmonte	1.0	1.25	0.90	1.25	1.80
	Esponjado	0.80	1.00	0.72		
	Compactado	1.11	0.39	1.00		
Clase de suelo	Estado del terreno	Transformaciones a:			Coeficiente	
		SD	E	C	Esponjado	Retenido
Arcilla	Sobredesmonte	1.00	1.43	0.90	1.43	0.70
	Esponjado	0.70	1.00	0.63		
	Compactado	1.11	1.59	1.00		
Roca	Sobredesmonte	1.0	1.50	1.30	1.50	0.67
	Esponjado	0.67	1.00	0.87		
	Compactado	0.77	1.15	1.00		

Es común que un suelo de labranza disminuya su volumen en 10 % aproximadamente al ser compactado. Además, es natural que ocurra una contracción en el rango de 20-30 % al pasar del estado de sobre desmonte (SD) al compactado(C). Los volúmenes de materiales de construcción que se solicitan en los documentos que emiten los inversionistas a los investigadores están referidos al estado compactado y asumiendo por lo general una eficiencia del 95 % de compactación. Cuando el material excavado excede al volumen que se sugiere para rellenar, el volumen sobrante que se dispone recibe el nombre de *material a caballero*.

Para explotar una zona de préstamos en terrenos llanos o semiplanos, es preferible cavar foso o abrir zanjas, extrayendo el material que se desee analizar, y en el caso de colinas o terrenos accidentados es aconsejable hacer cortes o excavaciones, comenzando por la base de tales accidentes del terreno. Si lo antes descrito no resulta práctico ni económico se utilizarán barrenos o máquinas perforadoras para la obtención de muestras; de este modo se caracterizará geotécnicamente el material extraído y se comprobará si cumple con los

parámetros solicitados por el proyecto en cuestión, ocasionando el menor impacto ambiental (Valle, 1975).

Desde que se prestó atención al problema de la compactación en terraplenes de carreteras y en presas de tierras u otros tipos de obras, se han tratado de establecer criterios de selección o clasificación sencillos, con bajo costo y de forma rápida, que permita conocer la posibilidad de utilización de un material de acarreo en función de la finalidad perseguida. Se ha permitido establecer estos criterios en base a ensayos que proporcionan las propiedades intrínsecas del material, y no en relación al estado en que se encuentra en cantera o al estado en que pudiera colocarse, puesto que el suelo puede alterarse extraordinariamente durante las operaciones de extracción. Por ello, para evaluar el resultado final, deben considerarse los siguientes aspectos (González de Vallejo, 2002):

- Características intrínsecas del material: granulometría, capacidad de absorción de agua, susceptibilidad de tolerar cambios volumétricos o no, etc.
- Alteraciones que introducen las operaciones de manejo (según la maquinaria disponible, condiciones ambientales.)

La clasificación de suelos más conocida es la elaborada por Casagrande, que diferencia tres tipos de suelos:

- Altamente orgánicos, cuya utilización no es recomendable.
- De grano grueso (menos de 50 % pasa por el tamiz No. 200): se dividen en gravas (G) y arenas (A).
- De grano fino (más del 50 % pasa por el tamiz No. 200): su distinción se basa en la plasticidad, aparente en los limos, y real en las arcillas.

I.1.1. Estructuras de tierra en obras lineales

Terraplén: Es una estructura de tierra con geometría definida, levantada sobre la superficie del terreno, con el propósito de utilizarla para vías (explanaciones, aeropuertos, carreteras, etc.) (RC 3013 del 2013). Los trabajos para la ejecución de terraplenes obligan a considerar dos tipos de éstos, que pueden presentarse indistintamente en una vía: terraplén compensado y terraplén de préstamo.

Terraplén compensado

Para la construcción de esta unidad se emplean los materiales producto de las unidades de excavación en explanaciones, de las unidades de excavación en cauces, cuando las hubiera, y los sobrantes de las excavaciones para cimientos de las estructuras, siempre que dichos materiales cumplan con los requisitos de calidad que se especifican en el proyecto.

Terraplén de préstamo

Para su construcción se emplearán los materiales producto de préstamos, siempre que dichos materiales cumplan los requisitos de calidad que se especifican por proyecto, y que estén situados a distancias que no excedan la distancia de tiro consignada en el proyecto para terraplén de préstamo.

Por consiguiente, será obligatorio el empleo de todos los materiales que sean extraídos en las excavaciones en la construcción de terraplenes, preparándolos y reduciéndolos de tamaño, cuando sea necesario, pues solamente se permitirá desperdiciar los suelos que no puedan ser utilizados por no complementar los requisitos de calidad establecidos o porque su distancia de transportación sea superior al límite fijado por el proyecto.

Estructura de pavimento

En la actualidad no existe una terminología única para la designación de las diferentes capas que componen un pavimento rígido o flexible. En esta tesis se dan algunos conceptos que han sido tomados y modificados de diversas fuentes consultadas.

Subrasante: Nivel o plano de la interface pavimento-explanación, que puede ser natural o compactada. Es el suelo portante inmediatamente debajo del pavimento que le sirve de cimentación y que puede influir por su resistencia en el comportamiento del pavimento (NC 334:2004).

Subbase: La capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante. Base: La capa de material pétreo o piedra de cantería, rajón y macadam, mezcla de suelocemento, suelo-cal, mezcla bituminosa, o piedra triturada y uniforme, que se coloca encima de la subbase.

Capa(s) de rodamiento: hormigón asfáltico grueso (HAG), fino (HAF) y sello. La que se coloca encima de la base y está formado por mezcla bituminosas o de concreto (hormigón hidráulico).

Carpeta de desgaste o sello: La que se coloca sobre la capa de rodamiento y está formada por una mezcla bituminosa. Encima de esta carpeta se coloca, a veces, un riego de arena o piedra picada menuda.

Superficie de rasante: La que soporta el tránsito de los vehículos motorizados.

No siempre un pavimento se compone de todas las capas anteriormente descritas. La ausencia de una o varias de ellas depende de la capacidad soportante del terreno de fundación, de la clase de material a usarse, del tipo de pavimento, intensidad de tránsito, carga de diseño y otras. En la figura I.1 se ilustra la sección de un pavimento flexible compuesto por todas las capas anteriormente expuestas.

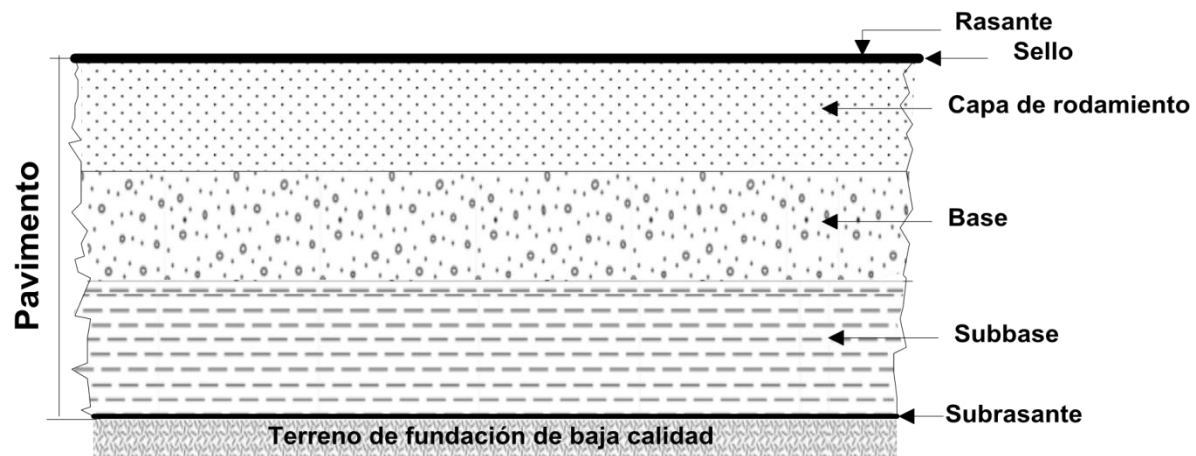


Figura I.1. Sección de pavimento flexible para un terreno de fundación de baja calidad (Valle Rodas, 1975).

El espesor de las capas depende del porcentaje de California Bearing Ratio (CBR), a mayor porcentaje de CBR menor espesor de capa. Esta es la esencia del diseño del pavimento flexible: la conjugación de índice de CBR con el espesor de la capa (Valles Rodas, 1975). En ausencia de ensayos de resistencia, puede inferirse la categoría que ha de tener la subrasante compactada, considerando la categoría del suelo con que se construirá, según los criterios de la Tabla No.2, considerando como CBR de diseño el mínimo para cada categoría de subrasante. Independientemente del grado de coherencia que existe sobre el uso de un término u otro, la capacidad portante del terreno de fundación representa la gran alternativa del diseño de pavimentos, flexibles o no.

Según la RC 3013 del 2013, la capacidad soportante que tiene un terreno de fundación determina en gran parte el espesor que debe tener un pavimento, sea flexible o rígido. Si el terreno de fundación es pésimo, por ejemplo, si el material que lo compone tiene un alto contenido de materia orgánica, debe desecharse este material y sustituirse por otro de mejor calidad. Si el terreno de fundación es malo y se halla formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, habrá de colocarse una subbase granular de material seleccionado antes de poner la base y capa de rodamiento.

Tabla 2. Categoría de subrasante (NC 334/2004)

CLASIFICACION DE SUBRASANTE		CARACTERISTICAS	RESISTENCIA
SUBRASANTE ACEPTABLE (SA)	Suelo Aceptable	Menos del 35% pasa el tamiz No. 200 LL < 30% ó 30 < LL ≤ 40 e IP ≥ 0,73 (LL-20) Materia orgánica < 2% % de hinchamiento < 2%	CBR = 5%
	Suelo-cal o suelo-cemento	Suelos no adecuados, mejorados con cal o cemento. > 2% de cal o cemento	CBR = 5% a los 7 días
SUBRASANTE MEDIA (SM)	Suelo adecuado	Pasa el tamiz No. 200 < 25% Tamiz No. 20 > 70% Tamiz No. 2 < 80% LL < 30% Materia orgánica < 1% % de hinchamiento < 2%	CBR = 10%
	Suelo-cemento	Suelos aceptables, mejorados con cal o cemento. > 4% de cemento	CBR = 10% a los 7 días ó 1,5MPa
SUBRASANTE BUENA (SB)	Suelo seleccionado	Pasa el tamiz No. 200 < 20% Tamiz No. 20 > 70% Tamiz No. 2 < 75% LL < 30% Materia orgánica < 1% Hinchamiento < 1%	CBR = 15%

Si el terreno de fundación es regular o bueno y está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación, o por un material de granulometría gruesa, posiblemente no se requerirá la capa de subbase. Finalmente, si el terreno de fundación es excelente, es decir, que tiene un valor soporte elevado y no existe, además, la posibilidad de que se sature de agua, bastaría colocar encima la capa de rodamiento (Valle Rodas, 1975).

El material de la subbase debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava o residuo de la

materia de cantera. Este material ha de tener las características de un suelo A-1 o A-2, aproximadamente. Su límite líquido debe ser inferior a 35 % y su índice plástico no mayor de 6 %. El CBR no podrá bajar de 15 %. Como su función principal es servir de capa de drenaje, el material a usar debe ser granular y la cantidad de finos (limo y arcilla) que pase por el tamiz No. 200 no ha de ser mayor del 8 % (Tabla 3)(Valle Rodas, 1975).

Tabla 3. Requisitos para materiales de subbase granular. (Tomada de Valle Rodas, 1975)

Ensayo	Requisitos
CBR mínimo	20
Valor R de resistencia, mínimo	55
Límite líquido	25
Índice de plasticidad, máximo	6
Equivalente de arena, mínimo	25

Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante. Entre las características a resaltar están que la fracción del material que pase por el tamiz No. 40 ha de tener un límite líquido menor del 25 %, y un índice plástico inferior a 6 %. El porcentaje de CBR tiene que ser superior a 50 % (Tabla 4) (Valle Rodas, 1975).

Tabla 4. Requisitos para materiales de base granular (Tomado de Valle Rodas, 1975)

Ensayo	Tránsito reducido	Tránsito regular e intenso
CBR mínimo	80	100
Valor R de resistencia, mínimo	78	80
Límite líquido	25	25
Índice de plasticidad, máximo	6	3
Equivalente de arena, mínimo	30	50

En la Figura I.2 se establece una clasificación de suelos que incluye los límites para su posible aceptación, distinguiendo cinco tipos: tolerable, adecuado, seleccionado, marginal e inadecuado.

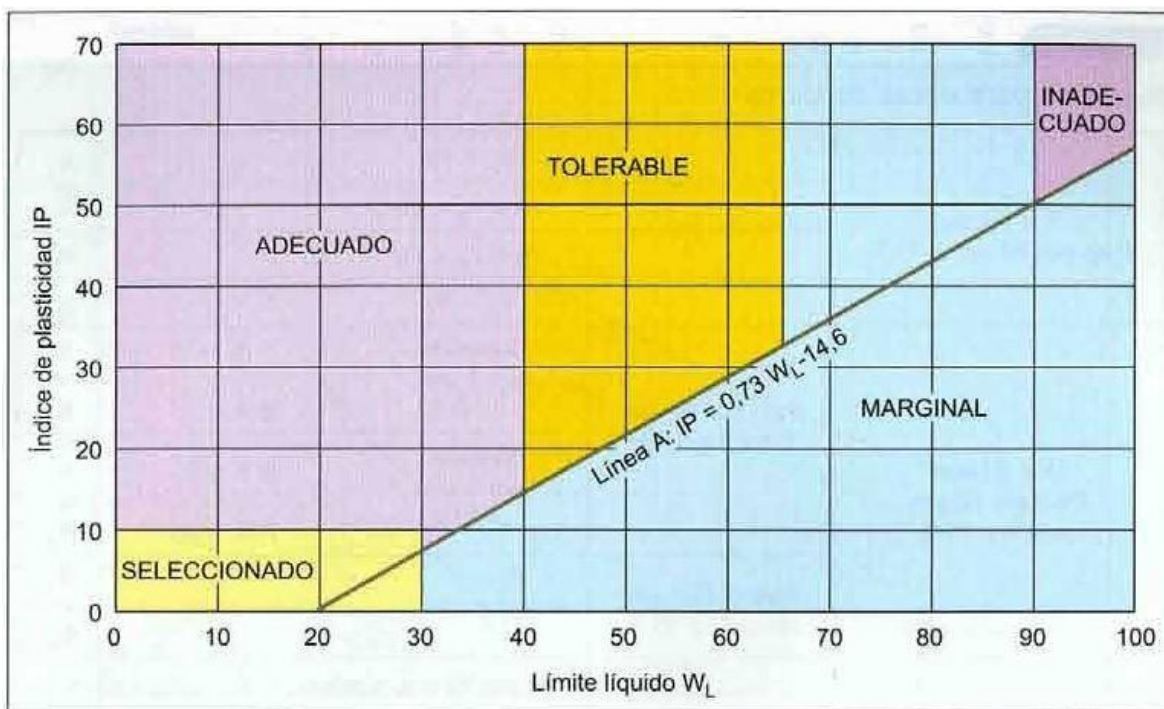


Figura I.2. Clasificación de suelos para terraplenes según su plasticidad, (Tomada de González de Vallejo, Capítulo 12).

Generalmente los suelos tolerables se pueden usar en los núcleos, cimientos y espaldones de las presas de tierra, y los seleccionados en coronación (aunque pueden usarse en todo el resto de la estructura de tierra). Los marginales pueden usarse, con el debido estudio y refuerzo, en todas las zonas, aunque tienden a usarse en núcleos (si se refuerzan o tratan).

Requisitos de calidad de los materiales (RC 3013 del 2013)

Los materiales a emplear serán suelos o materiales locales obtenidos en las excavaciones realizadas en la obra o de préstamos indicados en los planos, debidamente autorizados por el laboratorio de suelo de la obra. Estarán libres de ramas, troncos, hierbas, raíces, materia orgánica de cualquier clase y de otros materiales o sustancias que puedan ser perjudiciales. Los suelos producto de las excavaciones que serán utilizados en la construcción de terraplenes compensados, serán los aprobados por proyecto y aquellos que se aprueben por el proyectista durante el proceso de ejecución de la obra, avalados por los ensayos correspondientes.

Las piedras y rocas producto de las excavaciones que se empleen en la construcción de terraplenes, cuando formen parte del material de suelo que se coloque, no podrán ser de un tamaño mayor de los dos tercios del espesor de la capa compactada, por lo que las piedras y rocas de un tamaño mayor serán reducidas antes de que se incorporen definitivamente al terraplén. Cuando una sección de terraplén se construya empleando piedras y rocas, principalmente, éstas podrán ser hasta de 0,50 m en su mayor dimensión. Las piedras contenidas en los materiales que se emplean para la construcción de la capa superior de los terraplenes, no podrán ser de un tamaño mayor de 0,05 m.

También podrán emplearse en la construcción de la unidad "Terraplén compensado", los materiales producto de las unidades de excavación que se ejecutan en formaciones de serpentina, siempre que en los casos en los cuales estos materiales contengan cantidades apreciables de partículas grandes, que se dificulten o impidan que se obtenga una compactación apropiada, sean trituradas, mediante el uso de un equipo mecánico adecuado, hasta que el 40 % del material como mínimo, pase por el tamiz No. 4, con el objeto de que este material fino se emplee para rellenar los vacíos que queden entre las partículas grandes. No deberá utilizarse la serpentina muy descompuesta que contenga un porcentaje elevado de silicato de magnesio.

En los pedraplenes se pueden emplear rocas con una resistencia a la compresión simple superior a 50 MPa, como aparece representado en la Tabla 5 sin esquistosidad, ni foliaciones. También se pueden emplear rocas como pizarras, esquistos, las porosas (areniscas, rocas volcánicas) y las alterables (argilitas, margas), en cualquier caso su resistencia a la compresión debe estar entre 25 y 50 MPa.

Tabla 5. Caracterización de suelos y rocas según la resistencia a la compresión simple.
(AIME, 2009)

Grado	Descripción	Identificación en campo	Resistencia a la compresión simple (MPa)
S1	Arcilla muy blanda	Penetrada fácilmente varias pulgadas por el puño.	< 0,025
S2	Arcilla blanda	Penetrada fácilmente varias pulgadas por el dedo pulgar.	0,025 – 0,05
S3	Arcilla media	Penetrada varias pulgadas por el dedo pulgar, usando esfuerzo moderado.	0,05 – 0,10
S4	Arcilla semidura	Deja fácilmente hendidura por la acción del dedo pulgar, pero penetra solamente con gran esfuerzo.	0,10 – 0,25
S5	Arcilla dura	Mellada fácilmente por la uña del pulgar.	0,25 – 0,50
S6	Arcilla muy dura	Mellada con dificultad por la uña del pulgar.	0,50 – 1
R0	Roca extremadamente débil	Mellada por la uña del pulgar.	0,25 – 1
R1	Roca muy débil	Se disgrega por golpes fuertes de la punta de la piqueta; puede ser desconchada por una navaja.	1 – 5
R2	Roca débil	Puede ser desconchada por una navaja, con dificultad.	5 – 25
R3	Roca medianamente resistente	No puede ser rayada o desconchada por navaja; la muestra puede ser fracturada por un golpe fuerte de la punta de la piqueta.	25 – 50
R4	Roca fuerte	La muestra requiere más de un golpe de la piqueta para fracturarla.	50 – 100
R5	Roca muy fuerte	La muestra requiere varios golpes de la piqueta para fracturarla.	100 – 250
R6	Roca extremadamente resistente	La muestra puede ser solamente astillada por la piqueta.	> 250

Según la NC 161: 2002 Bases y Sub- Base en Calizas blandas, los valores concebidos son los siguientes:

Valores en los coeficientes de Hazen:

- Coeficiente de curvatura $1 < C_c < 3$
- Coeficiente de uniformidad $C_u < 4$

Capas de base

- Límite líquido menor o igual que 25 %.
- Índice plástico menor o igual a 3 % (en carreteras de baja Intensidad de tráfico y caminos de bajo costo puede ser menor o igual que 6 %).

Capas de sub-base

- Límite líquido menor de 25 %
- Índice plástico menor de 6 % (en carreteras de baja intensidad de tráfico y caminos de bajo costo, menor o igual a 10 %).

Contenido de materias orgánicas o extrañas y arcilla

- No contendrá más de 0,5 % de raíces, materias orgánicas o extrañas.
- No contendrán más de un 2 % de óxidos de hierro y aluminio.

En ningún caso estas materias podrán hallarse concentradas.

Resistencia

El valor de la resistencia está definido por el índice CBR. Para el caso de carreteras y aeropuertos:

- Base CBR > 80 %
- Subbase CBR > 30 %

Para las carreteras de baja intensidad de tráfico y caminos de bajo costo

- Base > 60 %
- Subbase > 20 %

En cuanto a la compactación la RC 3013 del 2013, indica que el terreno será compactado hasta tener una densidad in situ no inferior al 100 % para suelos con la densidad seca máxima de Proctor igual o menor a $18,00 \text{ kN/m}^3$, y para suelos con una densidad seca máxima de Proctor mayor de $18,00 \text{ kN/m}^3$ la densidad in situ no debe ser menor del 95 %. Con esta regulación quedan completamente actualizados los requisitos de la compactación en terraplenes lo que elimina un sin número de criterios muy dispersos en torno a la compactación.

Cuando el terreno natural esté constituido por suelos tales que no permitan la ejecución de las operaciones de compactación, será necesario sustituir el terreno "*in situ*" por otro que pueda ser adecuadamente compactado, en una profundidad no menor de 0,30 m, procediendo a compactarlo como se indica anteriormente.

I.1.2. Obras hidráulicas de presas de tierras

Las presas constituyen una de las obras de ingeniería de mayor importancia para el desarrollo de un país, en sus distintas finalidades, para regadío, abasto, control de avenidas

o hidro reguladoras y producción de energía eléctrica Centrales hidro acumuladoras (C.H.A.).

La disponibilidad de materiales en las proximidades del lugar donde se requiera construir una presa, es imprescindible para elegir el tipo de presa. Las presas se pueden clasificar en: presas de tierras homogéneas, heterogéneas o de núcleo impermeable y espaldones de materiales locales, o enrocamiento, y las de gravedad o de concreto, entre otras. Las presas de tierras constituyen el tipo de presa más común, principalmente porque en su construcción intervienen materiales en estado natural que requieren un tratamiento mínimo. En la actualidad, predomina la opción de cumplir las demandas de riego agrícola y de regulación de avenidas, por medio de micro presas (MP), como alternativas locales. Por ejemplo, CPA de la comunidad El Moncada.

Los materiales disponibles que se pueden encontrar cercanos al lugar donde se desea construir, son:

- Suelos para los terraplenes
- Rocas para terraplenes y para enrocamiento
- Agregados para concreto (arena, grava, piedra triturada) -Materiales granulares para diseño de filtros.

Por ejemplo, en el C/H San Juan se usaron los cantos rodados o aluviones (chinas pelonas), para las capas de filtros graduados que se colocaron en el talud aguas abajo.

El sistema de clasificación de suelos es especialmente aplicable al proyecto de construcción de presas, ya que una vez consultada esta tabla los ingenieros geotécnicos pueden visualmente clasificar un suelo sin necesidad de pruebas de laboratorio, al menos suficiente para cumplir los requisitos de una investigación para proyecto preliminar o ideas conceptuales, puesto que el mismo se basa en el tamaño de las partículas (Tabla 6).

Tabla 6. Clasificación según el Sistema de Clasificación de Suelo (SUCS), Martínez, 2011.

Suelo	# 4	# 200	C _u	C _c	LL	LP	I _p
GW	+50	- 5	> 4	1—3			
GP	+ 50	- 5	< 4	> 3			
GM	+ 50	+ 12	I _p < 4 para la fracción que pase la malla # 40				
GC	+ 50	+ 12	I _p > 7 para la fracción que pase la malla # 40				
SW	- 50	- 5	> 6	1—3			
SP	- 50	- 5	< 6	> 3			
SM	- 50	+ 12	I _p < 4 para la fracción que pase la malla # 40				
SC	- 50	+ 12	I _p > 7 para la fracción que pase la malla # 40				
ML		+ 50			< 50		< 4
CL		+ 50			< 50		> 7
OL		+ 50			< 50		< 4
MH		+ 50			> 50		< 4
CH		+ 50			> 50		> 7
OH		+ 50			> 50		< 4
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS (TURBAS)							
P _t					300-500		100-200
GRUPOS COMBINADOS (ejemplos)							
GW-GM	+ 50	entre 12 y 5	> 4	1—3			
ML-CL		+ 50			< 50		4 < I _p < 7

Además, el tipo de presa a seleccionar depende de las condiciones de cimentación. Cualquier tipo de presa de hormigón exige que las deformaciones en el macizo geológicos sean compatibles con las del hormigón, más rígido por lo general, es decir, que no se superen ciertos niveles de deformación no soportables por la estructura de la presa. No es posible cimentar este tipo de presas en suelos o rocas blandas. Si la profundidad de cimentación requiere una excavación muy profunda por presencia de materiales muy alterados o tectonizados en relación con la altura de la presa, no es factible, puesto que el volumen de excavación supondría un costo muy elevado, por lo que la solución más adecuada es la presa de materiales sueltos o presas de tierras, las que ponen como única condición, la permeabilidad de los suelos o las rocas que constituyen su cimiento. En el peor de los casos, un cimiento permeable se resuelve con un dentellón profundo o inyecciones de morteros o lechadas cementosas. Por ejemplo, C/H La Paila en San Cristóbal, C/H Herradura, Consolación del Sur.

Materiales geológicos para la construcción de una presa

En un principio la mayoría de los materiales geológicos pueden ser utilizados, excepto los inestables químicamente o físicamente, solubles, orgánicos, colapsables, dispersivos,

reactivos, expansivos, de muy baja densidad, o de alta plasticidad, entre otros (González de Vallejo, 2002).

La tipología de los materiales de acuerdo a su utilización se agrupan en:

- Núcleosimpermeables
- Espaldones y escolleras
- Filtros y drenes
- Áridos para hormigones.

Es importante tener en cuenta las modificaciones geoambientales, que se pueden producir como consecuencia de la construcción de una presa (Tabla7).

Tabla 7. Impactos geoambientales en la construcción y explotación de presas. (Tomado de González Vallejo, Capítulo 11 Presas).

FASE CONSTRUCTIVA	FASE DE EXPLOTACIÓN	EN CASO DE ROTURA
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Extracción de materiales (canteras y préstamos) ✚ Vertederos de rocas estériles y escombreras. ✚ Inestabilidad de taludes ✚ Ruido, vibraciones y polvo 	<p>AGUAS ARRIBA:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Deslizamientos de laderas ✚ Erosión y sedimentación ✚ Aterramientos ✚ Cambios hidrológicos ✚ Inundación y pérdida de recursos ✚ Sismicidad inducida ✚ Cambios en la calidad de las aguas ✚ Salinización <p>AGUAS ABAJO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Erosión y sedimentación ✚ Estabilidad de laderas ✚ Cambios hidrológicos ✚ Inundación de valles <p>Vecinos (Lo que se calcula).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Vaciado brusco del embalse. (Esta es una de las tres etapas de la vida útil de una presa). ✚ Inundaciónaguasabajo

La correcta clasificación de los materiales del subsuelo es un paso importante para cualquier trabajo de cimentación, porque proporciona los primeros datos sobre las experiencias que puedan anticiparse durante y después de la construcción, por lo que es útil conocer la localización de préstamos de materiales apropiados para rellenos técnicos y

estabilizaciones suelo suelo o suelo cemento, suelo cal, lo que constituye una ventaja de poseer el catastro de préstamos.

A las gravas y las arenas se les llama suelos de grano grueso, y a los limos y a las arcillas suelos de grano fino. La distinción radica en que puedan diferenciarse las partículas a simple vista y tacto visual, conocer sus propiedades organolépticas. Las partículas que tienen un tamaño mayor que aproximadamente 5 mm se clasifican como grava. Sin embargo, si el diámetro excede de aproximadamente 200 mm, se aplica usualmente el nombre de boleó. Si los granos son visibles a simple vista pero menores a 5 mm el suelo se describen como arena, esta puede ser gruesa, media y fina.

La cimentación de una estructura requiere que las condiciones geológicas sean estables, lo que implica en primer lugar, que el emplazamiento esté exento de riesgos geológicos activos.

I.2. Problemática ambiental vinculada a la explotación de préstamos.

La rehabilitación de los terrenos afectados por la minería reviste especial interés, ya que una vez extraídos los recursos minerales, sino se ejecutan acciones encaminadas a mitigar los impactos causados, los terrenos abandonados quedan en una situación de degradación con pocas posibilidades de uso (Fuentes, 2014). Es importante señalar que no es objetivo de esta tesis proponer planes de rehabilitación para áreas afectadas, pero sí lo es, proponer una herramienta de trabajo para optimizar su uso y de esta forma atenuar las afectaciones que por concepto minero puedan surgir.

A inicios del siglo pasado existían en Cuba 35 canteras y 3 centros productores de piedra triturada. Con el de cursar del tiempo la actividad constructiva se nutría en buena medida de materiales de importación, sobre todo los de terminación. La industria nacional, en general, sólo abastecía los materiales más rudimentarios y pesados, porque tenía muy bajo nivel de desarrollo. En 1958 existían 1155 centros de producción de materiales de construcción, de ellos para áridos 160 (Toraya, 2001).

De todas las dificultades, quizás la mayor era la escasez de materiales de construcción, tanto los de importación debido a la ruinosa situación en que quedó el país a la caída de la tiranía como los de producción nacional, cuya fabricación dependía de una base industrial

precaria y atrasada, concentrada en las ciudades más importantes y principalmente alrededor de La Habana.

En la actualidad existe un desconocimiento general en cuanto a la situación actual de las reservas existentes y el nivel de degradación, por parte de muchas empresas del territorio pinareño, que necesitan utilizar materiales de construcción para la realización continúa de sus proyectos.

La Oficina Nacional de Recursos Minerales ha sido la institución más aventajada en este sentido; pero poco ha podido hacer con aquellas pequeñas áreas explotadas abandonadas (Préstamos). De un lado carecen de concesión minera y constituyen un problema ambiental a escala local y del otro como aspecto positivo, cuentan con estudios ingeniero-geológicos archivados en empresas del Ministerio de la Construcción. Este último detalle permite pensar en el aprovechamiento de estas materias primas y en su reexplotación mediante un modelo ambientalmente sostenible, Mohammed, (2012) y Awad, (2012).

La Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA), con su Unidad Pinar de Río, cuenta con una consultoría medioambiental, cuyos archivos cuenta con 16 estudios de rehabilitación para préstamos y canteras; los más recientes: González *et al.* (2006); Moreno *et al.* (2009); Moreno *et al.* (2010); Moreno y Díaz (2010); Moreno y Díaz (2011) y Fonticoba *et al.* (2011). En cada uno de los trabajos citados, se dictaminan los planes de medidas para la solución o mitigación de algunas de las áreas afectadas en el territorio.

Otro trabajo es el de Ponce *et al.* (2011) *Rocas y minerales benefactores del medio ambiente en la gestión ambiental*, en el que se indica que la actividad económica depende del medio ambiente en aspectos fundamentales como fuente de recursos naturales. A estos pertenecen los recursos minerales que generan efectos directos e indirectos sobre el medio ambiente. Estos efectos han conllevado a la condena de las actividades en torno a ellos y, en algunos casos, a gravámenes injustificados e incluso, hasta la prohibición de su obtención y aprovechamiento. En el trabajo se define el término rocas y minerales benefactores del medio ambiente; se presentan la mayoría de los minerales de este tipo existentes en Cuba y su posible utilización en una mejor gestión ambiental, y exponen los principios generales de la misma con respecto a los recursos minerales, así como su reciclaje y sustitución.

Uno de los trabajos más completos dedicado a planes de manejo para la rehabilitación de canteras, fue propuesto por Fuentes (2014) para la provincia de Matanzas a partir del levantamiento, diagnóstico y caracterización *in situ*. Evidentemente para arribar a estos resultados fue necesario transitar por la elaboración de un catastro de las canteras del territorio. El mismo se fundamentó en el levantamiento, diagnóstico y caracterización *in situ* de 250 canteras, datos que se digitalizaron en una matriz de información y fueron procesados estadísticamente, lo que posibilitó obtener un órgano resultante que posee un total de 250 filas (canteras estudiadas) y 87 columnas con sus características. Seguidamente se procedió a la confección final del Catastro de canteras abandonadas de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas a escala 1:250 000. El catastro constituye el censo de las canteras evaluadas en el territorio, e incluye un mapa base en formato digital procesado a través del software AutoCad 2008.

I.3. Experiencias en la elaboración de catastros de préstamos para materiales de la construcción.

Este epígrafe se enfoca en abordar de manera sintética las principales experiencias en Cuba o en el exterior vinculadas a la confección de mapas o catastros, de préstamos, canteras, yacimientos de materiales de la construcción. Evidentemente, la tesis que se presenta adopta alguna de estas experiencias, por lo que es de gran importancia su estudio en detalle.

En el mundo se han realizado diversos trabajos relacionados con el tema. Experiencias en este sentido han desarrollado, por ejemplo, en el 2010 el Instituto Autónomo Minas Bolívar en el marco de su fortalecimiento institucional, al confeccionar el Catastro de los Minerales No Metálicos, formando y manteniendo el inventario de los recursos minerales existentes en el territorio del estado Bolívar en Venezuela; esto se logró mediante la implementación de estudios geográficos y geológicos del potencial minero no metálico de ese territorio (Rodríguez, 2010).

En el estado Lara (Venezuela) se confeccionó un catastro sobre minerales no metálicos que ofrece información precisa acerca de la ubicación de estos. Así como datos interesantes sobre la extracción y explotación de minerales como grava, arena y arcilla.

Algunos ejemplos de los trabajos que se han realizado en nuestro país con relación a este tema, se pueden consultar en González *et al.* (2011). En este trabajos se recopilan los resultados principales obtenidos en los estudios geólogo-geotécnicos de los materiales de construcción, realizados en la región central del país, específicamente en las provincias de Matanzas; Vila Clara; Cienfuegos y Sancti Spíritus, que es la principal área de acción del Grupo de Inspección Villa Clara de la Oficina Nacional de Recursos Minerales. Se ubican geográficamente los depósitos estudiados mediante el software MapInfo y de esta manera crean un sistema de información geográfica para una mejor y rápida búsqueda de los recursos minerales de las provincias antes mencionadas, en el que se ofrecen las principales características físicas y químicas. Además se hace una reseña de la situación legal de los depósitos y su posible explotación.

Otros trabajos con características similares son los de Leyva *et al.* (2011) y Batista *et al.* (2011). Estos trabajos investigativos tuvieron como objetivo principal revelar en cada municipio, las potencialidades de materias minerales útiles para desarrollar la industria local de los materiales de construcción como son: piedras o áridos gruesos por trituración, arenas naturales para áridos finos; arcillas para la industria cerámica; tobas como fuente de puzolanas naturales, asfaltitas y bitúmenes, rocas decorativas y cantería; calizas para producir cal y depósitos de yeso. Todo esto se realizó a través de en un Sistema de Información Geográfica, donde se brindan una serie de datos en forma de mapas con información referentes a los distintos depósitos minerales presentes en los territorios, como son: ubicación, calidad y cantidad de materia mineral, grado de asimilación industrial, concesionario entre otros datos. Además existen otros mapas donde se exhibe la infraestructura con las vías de comunicación, poblados y límites territoriales.

A partir de 1990, la Unidad de Investigaciones para Construcción de Pinar del Río, realizó algunos trabajos de generalización (Esquemas Ingeniero Geológicos) empleando como plataforma la información existente en sus archivos. Esta información aglutinó informes geológicos regionales, los estudios geotécnicos de todas las obras del territorio, así como todos los datos hidrogeológicos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Estos trabajos estuvieron relacionados con el planeamiento urbano y como base para racionalización de volúmenes de trabajos a ejecutar en futuros estudios geotécnicos. En total se estudiaron 886 informes técnicos.

Es de considerarse que, una de las principales fuentes de información para la elaboración de los diferentes esquemas realizados, por la Unidad de Investigaciones para Construcción de Pinar del Río, lo constituyó la información referida a los préstamos y canteras.

García (1994), evidenció que esta investigación forma parte del Esquema Ingeniero Geológico antes mencionado, que se desarrolló en este año en la UIC de Pinar del Río, básicamente en el pueblo de San Diego de los Baños y el Parque Nacional La Güira, constituyendo estos una amplias perspectivas para el turismo y la balneología. Este trabajo contiene un conjunto de mapas ingeniero geológicos como son:

- Mapas de Documentación.
- Esquema de condiciones ingeniero geológicas.
- Esquema de Zonificación.

Obteniendo como resultado una base de datos ingeniero geológicos, lo que minimizó las columnas de investigaciones para nuevas obras.

Aguado (1994), realizó su informe como parte de los trabajos que se han desarrollado para el Esquema Ingeniero Geológico, específicamente en el municipio de Consolación del Sur. Sarmiento y Valdés (1994), contribuyen al completamiento de este Esquema Ingeniero Geológico, con una amplia búsquedas de todos los datos geotécnicos e hidrogeológicos en instituciones como en la Oficina Nacional de Recursos Minerales y la Academia de Ciencia, para el municipio de San Luis abarcando un área de 15,5 km² para un total de 12 obras consultadas. Además, Fonticoba (1994) contribuye con los datos para el municipio de Viñales y zonas aledañas y Duarte (1994) para San Juan y Martínez.

Suárez (1994) detalla un procedimiento metodológico que ha servido de base para la confección del “Mapa de Documentación de Préstamos, Canteras y Yacimientos”. Este procedimiento ofrece lineamientos básicos para la extracción de la información primaria, ubicación en el mapa, propiedades físico mecánicas de los materiales, situación actual de cada obra, etc. Este primer intento de gestión de préstamos y canteras, brindaba información a proyectistas y constructores para toma de decisiones más dinámicas y con un mínimo de recursos, por lo que se cree imprescindible el aprovechamiento al máximo de la información existente en los archivos de las entidades que se dedican a la investigación geotécnica de préstamos, canteras y yacimientos, existentes en nuestra

provincia. Sugiere además asociar a la base de datos de los préstamos y canteras, algunos atributos básicos, como pueden ser: ubicación geográfica, características físico mecánica y geomorfológico, así como realizar visitas a cada una de las obras, en las que se verifique su estado actual teniendo en cuenta las reservas existentes en cada obra investigada. En este trabajo, el autor consideró 230 obras (préstamos y/o canteras) investigadas en la provincia de Pinar del Río, con su respectiva ubicación en la hojas topográficas Guane 3382-I, Arroyo de Mantua 3383-III, Dos Ceibas 3483-III, Playa Bailen 03482-III, Cayo Inés de Soto 3484-III, Alonso de Rojas 3583-IV, Boca de San Diego 3582-IV, La Mulata 3584-IV a escala 1: 50 000 de la provincia de Pinar del Río.

Posteriormente, Suárez (1995) realiza un segundo trabajo siguiendo los mismos criterios metodológicos, pero esta vez para el municipio de Consolación del Sur, consultando un total de 80 préstamos y canteras estudiadas y en (1996), Los Palacios, con 29 préstamos y canteras investigadas, en todos los casos obteniendo, al menos una base de datos con las principales características geotécnicas; así como un mapa de puntos con la ubicación de los préstamos y canteras, a escala 1: 50 000 en formato duro.

Cueto (1995), realiza para el municipio de Minas de Matahambre un catastro de préstamos. En este caso empleó como información de partida, datos de archivo técnico de la UIC de

Pinar del Río, Empresa de Cantera, Fondo Geológico y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). En total se resumieron 23 préstamos para este municipio.

La autora pudo acceder a 3 trabajos, que aunque directamente no se dedicaron a la elaboración de catastros de préstamos y canteras, sirven de tránsito a cumplir algunos de sus objetivos parciales, logrando este producto a escala municipal (Tabla 8).

Estas investigaciones estuvieron encaminadas a establecer una metodología que permitiera evaluar integralmente el manejo de los préstamos y canteras en los municipios de Minas de Matahambre, Los Palacios y Pinar del Río, según sus características geológicas, ambientales y potencialidades de posible uso. Además se sugiere una estructura para la elaboración de los proyectos de rehabilitación y se aplica a un caso de estudio, obteniendo como resultado:

- Inventario y caracterización geoambiental de los préstamos o canteras.

- Mapas temáticos primarios y derivados de las variables geoambientales.
- Diseño, aplicación y evaluación de la metodología a utilizar.
- Diseño, confección y aplicación de la herramienta SIG a escala municipal.

Tabla 8. Resumen de trabajos anteriormente realizados en la provincia, relacionados con la integración de datos geotécnicos y otros, sobre los préstamos y canteras.

Autor	Localidad	Cantidad de Préstamos	Cantidad de Canteras	Tipo de información en bases de datos
Mohamed (2012)	Municipio Minas de Mathambre	29	8	Distribución de los préstamos y canteras
				Clasificación de los préstamos de acuerdo al grado de explotación
				Clasificación de los préstamos de acuerdo al grado de inundación
				Características geomorfológicas
				Contexto físico-geográfico
				Geológicas
				Asociación agrotécnica
Awad (2012)	Municipio Los Palacios	25	1	Impactos ambientales
				Distribución de los préstamos y canteras
				Clasificación de los préstamos de acuerdo al grado de explotación
				Clasificación de los préstamos de acuerdo al grado de inundación
				Características geomorfológicas
				Geológicas
				Asociación agrotécnica
López (2009)	Municipio Pinar del Río	66		Impactos ambientales
				Estado de la accesibilidad
				Existencia de capa vegetal.
				Grado de explotación.
				Profundidad del corte (m).
				Pendiente del talud (en grados).
				Descripción tacto visual de los materiales.
				Fenómenos físico-geológicos presentes.
				Condiciones de drenaje
				Inundado (parcial o total, grado de contaminación, uso del agua).
				Propiedad del área.
				Valoración general del estado actual de las diferentes variables que componen el Medio Ambiente (suelo, vegetación, geología, hidrogeología, socioeconómico, fauna, clima).

Govea (2012), se basó en la información existente en el archivo técnico de la Unidad de Investigaciones para la Construcción, UIC Pinar del Río ENIA, de los préstamos y canteras de los municipios San Cristóbal, La Palma (El Naranjito y Galalón), Los Palacios y Pinar del Río. De los cuales se brindó un resumen que contiene Ubicación, Geología e

Hidrogeología y características de los materiales existentes para un total de 41 informes técnicos consultados.

Govea *et al.* (2013) ubicaron y caracterizaron diferentes zonas de préstamos investigados en la provincia de Pinar del Río, ofreciendo además un resumen geológico, hidrogeológico y el comportamiento geotécnico de los materiales existentes. El estudio se centró en los municipios de Los Palacios, Consolación del Sur, Pinar del Río, Viñales, Sandino, Guane y San Luis. Como resultado final se obtuvo la ubicación de los préstamos a escala 1: 250 000, en plataforma de SIG.

Conclusionesparciales.

- A nivel internacional se han realizado pocos trabajos relacionados con la temática, pese a que los catastros son una herramienta esencial.
- A pesar de existir trabajos relacionados con esta temática en la provincia, no existe una base de datos, ni un SIG en formato digital, que permita su actualización y consulta para la toma de decisiones en la incorporación de estos datos en proyectos futuros y actuales.

Capítulo II. Características físico geográficas y geológicas del área de estudio.

II.1. Características geográficas.

II.1.1. Ubicación geográfica.

La provincia de Pinar del Río la más occidental de las provincias cubanas; limita al norte con el Golfo de México; con el Canal de Yucatán por el Oeste; el Mar Caribe y parte del Golfo de Batabanó por el sur, y la provincia Artemisa por el este. Posee una extensión superficial de 8 884.51 Km², la cuarta mayor provincia del país, solo superada por Camagüey, Matanzas y Holguín; 68,8 Km² pertenecen a sus cayos adyacentes y la longitud total de sus costas es de 530 Km. De la extensión territorial total, el 42,8 % constituye fondo de tierra netamente agrícola, el 57,2 % restante pertenece a la superficie no agrícola. (Figura II.1).

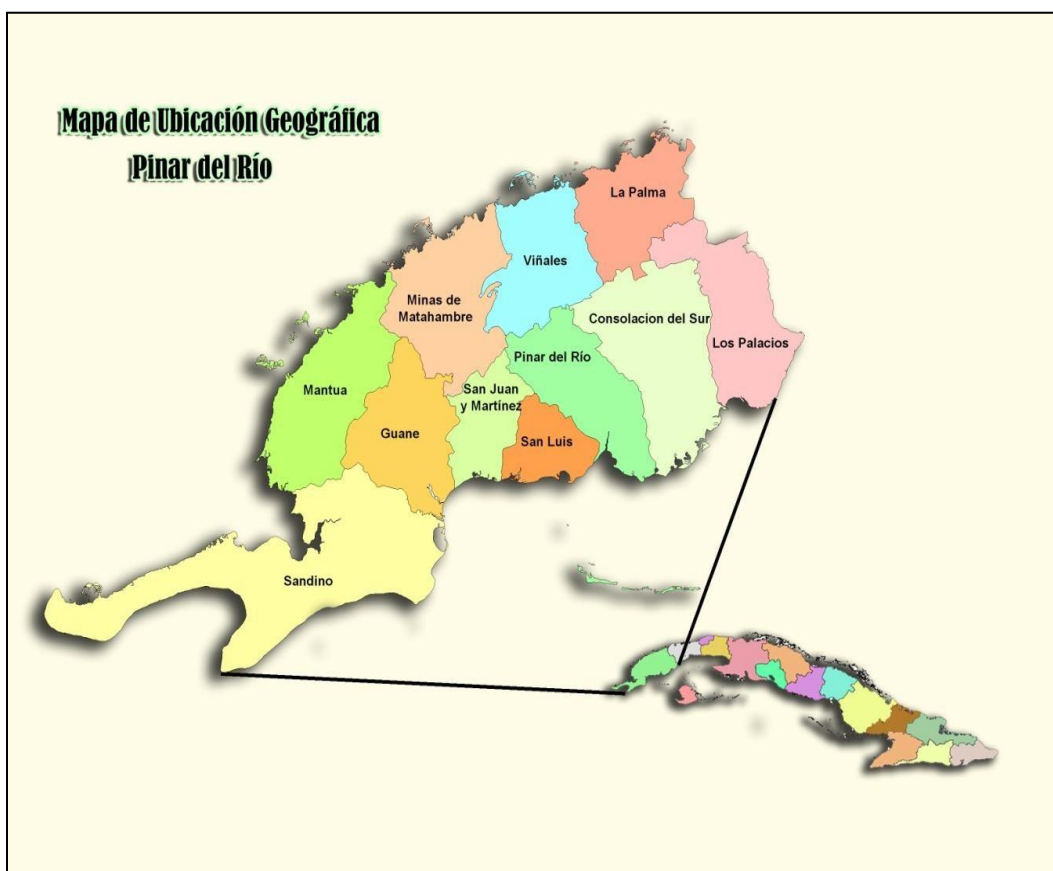


Figura II.1. Ubicación geográfica de la provincia de Pinar del Río.

II.1.2. Clima.

La provincia, al igual que el resto del país, se encuentra ubicada en la zona intertropical, muy cerca del Trópico de Cáncer, limita entre dicha zona y la zona templada del norte. Esta ubicación y la acción de las corrientes marinas de aguas cálidas que la bordean por el norte y el sur determinan que el invierno, de manera general, sea poco acentuado, con clima subtropical húmedo de sabanas sin invierno. La distribución de la temperatura obedece a un clima semicontinental, por lo que la diferencia de ésta entre el día y la noche es menos intensa en regiones costeras que en su región central. La temperatura media anual del aire es de 25 °C y en toda la franja cerca de la costa es de 26 °C. En las zonas aisladas más al centro las temperaturas disminuyen a 23 °C, coincidiendo con áreas de considerable altitud. La temperatura máxima absoluta del aire durante el año llega a alcanzar los 37 °C y la mínima hasta 10 °C. En la etapa de invierno la media mensual es de 22 °C y en algunos puntos interiores desciende a 21 °C. En el verano la media mensual es de 28 °C y en puntos interiores aislados llega a 26 °C.

Existen dos estaciones bien definidas, una lluviosa que se extiende de mayo a octubre, y otra de seca que comprende de noviembre a abril. Durante el periodo lluvioso las máximas precipitaciones en el territorio alcanzan los 1445 mm en las zonas más elevadas y 1200 mm, como mínimo en la mayor parte del territorio con frecuencia de chubascos y tormentas eléctricas. Dentro del área las precipitaciones anuales se encuentran entre las más altas del país, con un máximo de 1894 mm y un mínimo de 1113 mm. La humedad relativa media anual es del 80 %, siendo la provincia más afectada del país por los eventos hidrometeorológicos tropicales.

II.1.3. Relieve.

En sentido general el relieve de la región es el resultado de un incesante desarrollo y de la compleja intervención de factores internos y externos; es por ello que se destacan claramente los elementos correspondientes a las morfoestructuras y morfoesculturas. Una gran llanura se extiende a todo lo largo y ancho de la parte sur de la Falla Pinar, constituida fundamentalmente por depósitos terrígenos recientes de diferentes génesis. Al oeste y coincidiendo con la Península de Guanahacabibes se

localiza la llanura cársica más amplia de este territorio. Por el norte se localiza a todo lo largo de la línea costera una llanura alargada y estrecha de carácter erosivo principalmente. En la porción central se localizan los relieves más altos, claramente representados por la Cordillera de Guaniguanico, que constituye la morfoestructura más interesante del área. Dentro de esta última están delimitadas dos grandes estructuras: la Sierra de los Órganos y la Sierra del Rosario, separadas entre sí por el río San Diego. La Sierra de los Órganos la componen varias cadenas más o menos paralelas de calizas que, con las aledañas colinas pizarrosas, encierran valles intramontanos llamados poljas o llanuras cársicas marginales; las cadenas de calizas forman elevaciones denominadas mogotes, los que presentan forma de cúpulas de laderas verticales y cimas redondeadas. La Sierra del Rosario agrupa un conjunto de elevaciones típicas, constituyendo una intrincada sección orográfica que presenta distintos tipos morfológicos de elevaciones como cuchillas, cimas más o menos aplanadas y colinas; esta representa una cadena de montañas casi paralelas con grandes depresiones longitudinales y valles fluviales transversales (Figura II.2).

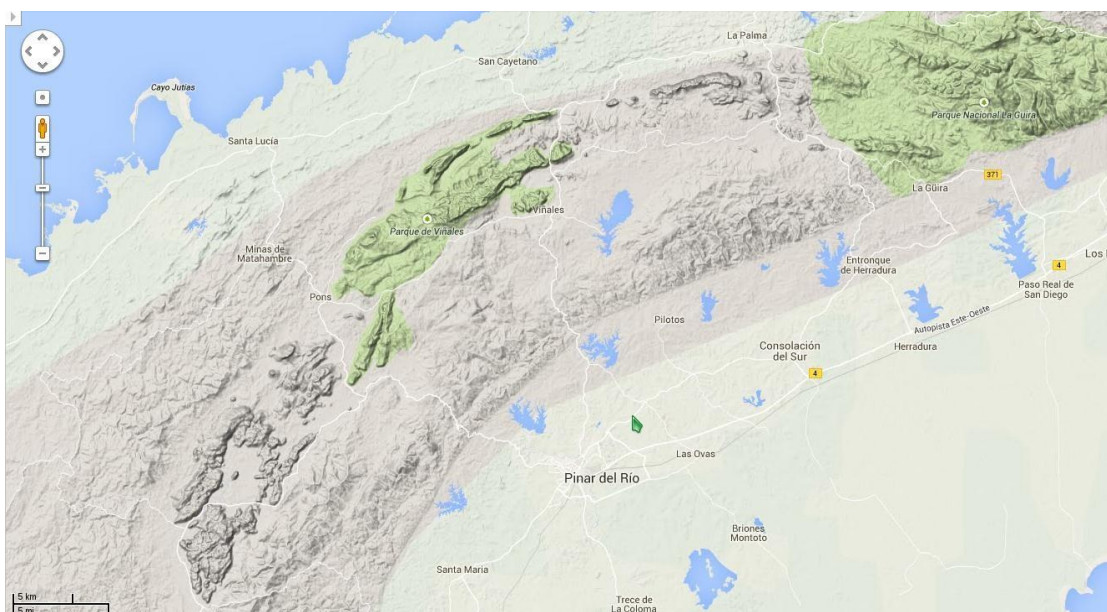


Figura II.2. Mapa de relieve de la Provincia de Pinar del Río.

II.1.4. Hidrografía

La red hidrológica de la provincia de Pinar del Río es fundamentalmente dendrítica, tanto hacia el litoral norte como el sur, existiendo dos cuencas hidrológicas

principales: la norte y la sur, limitadas por una parte aguas natural, representado por la Cordillera de Guaniguanico. La cuenca sur se extiende desde la misma ladera sur de dicha cordillera hasta la línea costera del mismo sector; los cursos fluviales de esta cuenca son mucho más largos, con perfiles longitudinales y transversales más suaves y aplanados, lo que evidencia que las aguas se mueven a velocidades no muy altas, favoreciéndose la sedimentación. Dentro de esta cuenca se puede señalar como río principal el Cuyaguaje que, a su vez, es el más importante de la provincia, bañando con sus aguas las llanuras de Guane, Isabel Rubio, San Julián y Cortés, entre otras. Además, aparecen otros ríos significativos como son el San

Juan y Martínez, Río Feo, San Diego, Guamá, Hondo, Herradura, San Diego y Los Palacios, por citar algunos, los que irrigan junto con otros cursos menos significativos toda la llanura sur de Pinar del Río.

La cuenca norte de Pinar del Río es más estrecha y abrupta que la cuenca sur; es por esta razón que los cursos fluviales que se desarrollan en esta cuenca son más cortos, presentando un perfil longitudinal y transversal de sus lechos más abruptos y accidentados, con cauces generalmente profundos y orillas semibarrancosas. Entre los ríos más importantes de esta cuenca se pueden señalar: Mantua, Buenavista, Macurije, Malas Aguas, Bejuquero, San Marcos y San Miguel, entre otros.

En el territorio, además de las corrientes fluviales, existe una cantidad significativa de lagunas y embalses, que ejercen una gran influencia en la hidrología de este territorio.

II.1.5. Vegetación.

La vegetación en el área está en correspondencia con el tipo de suelo predominante, son característicos los pinares del género *Caribea*, formando grandes y extensos bosques verdes en toda su longitud. En la zona central de mogotes predomina la vegetación típica para estos bosques clínicos y culminícos del carso cónico. En la parte del valle y al norte de la llanura ondulada se encuentra una vegetación de herbazales, con aislados arbustos y cultivos de heliófilos.

II.1.6. Características económicas.

La provincia de Pinar del Río, con 11 municipios, ha alcanzado un considerable desarrollo económico, tanto en la agricultura como en la industria y más modestamente en el turismo. Las producciones agropecuarias constituyen el renglón principal del territorio, aportando los mayores volúmenes de tabaco de alta calidad producidos por el país. Ocupan un lugar significativo en la provincia las producciones forestales y de cultivos varios (arroz, viandas, hortalizas, cítricos, frutales entre otros), así como el desarrollo de la ganadería. La industria es una de las ramas que cada día se desarrolla más a pesar del bloqueo económico, financiero y comercial al que está sometido nuestro país hace ya más de cinco décadas. El turismo, aunque no ha alcanzado el desarrollo de los grandes polos turísticos del país, contribuye notablemente a la economía de este territorio.

II.1.7. Vías de comunicación.

Después del triunfo de la Revolución las vías de comunicación alcanzaron un amplio desarrollo en toda la provincia, sobre todo en lo relacionado a carreteras y telefonía. En la actualidad se cuenta con una amplia red de carreteras pavimentadas que garantizan la comunicación interna del territorio y su enlace con la capital del país, pudiéndose considerar la autopista nacional conjuntamente con la Carretera central y la Vía férrea nacional como las principales vías de comunicación de la provincia, sin dejar de mencionar el modesto aporte proporcionado por las vías marítimas y aéreas existentes (Figura II.3)

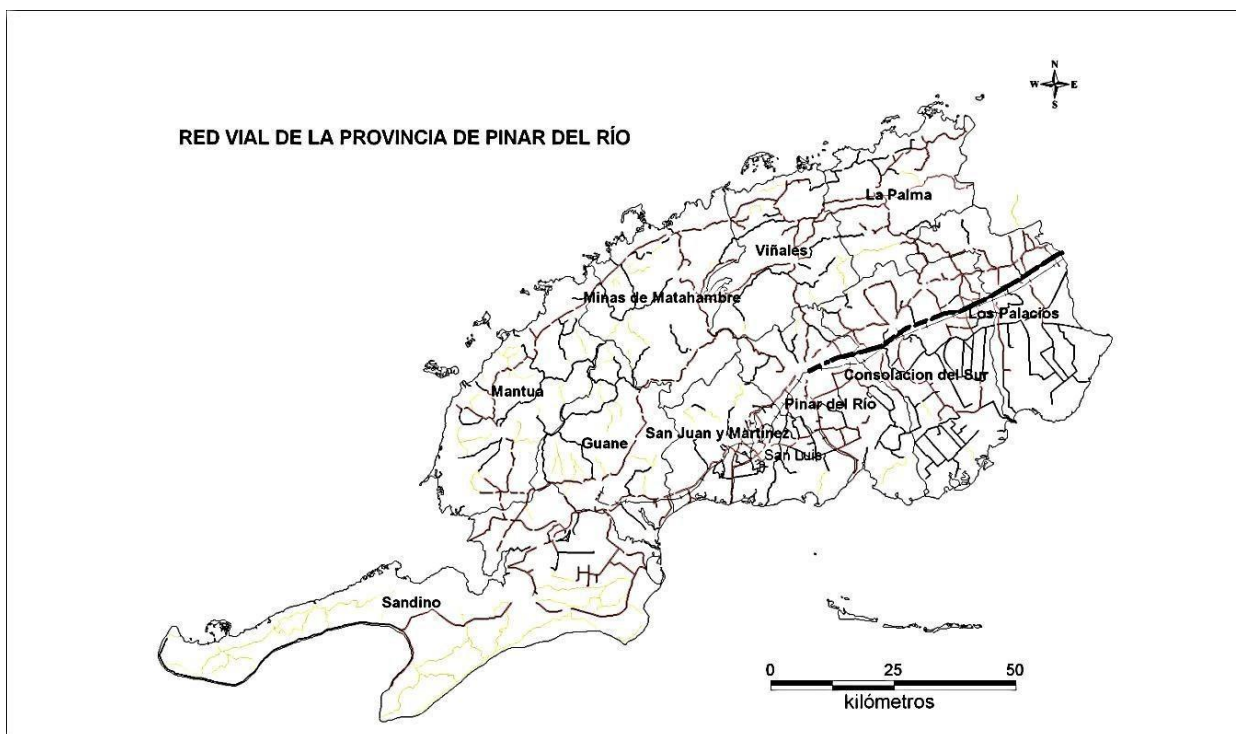


Figura II.3. Red vial de la provincia de Pinar del Río

II.2. Principales rasgos geológicos de la región.

Según García *et al* (2003), el territorio de la provincia Pinar del Río se divide en tres diferentes regiones geológicas o zonas tectono-estratigráficas bien reconocidas: Guaniguanico, Bahía Honda (al norte) y San Diego de Los Baños (al sur), las cuales aparecen separadas entre sí por fallas regionales abruptas o subverticales de primer orden. La falla Pinar separa las zonas Guaniguanico y San Diego de Los Baños, mientras que la falla Consolación del Norte separa las zonas Guaniguanico y Bahía Honda. Ambas fallas fueron originadas durante la orogenia vinculada con la colisión entre las placas caribeña y norteamericana, probablemente con la etapa más tardía de la misma durante el Eoceno Inferior.

La Zona San Diego de Los Baños: se caracteriza por afloramientos de los depósitos de la cobertura neoplatafórmica, siendo solo en las estribaciones de la Falla Pinar donde se exponen sedimentos de la etapa orogénica. Su parte norte constituye un bloque independiente (Bloque Los Palacios) donde se desarrolló la Cuenca o Depresión Los Palacios, de carácter esencialmente postorogénico, con una gran

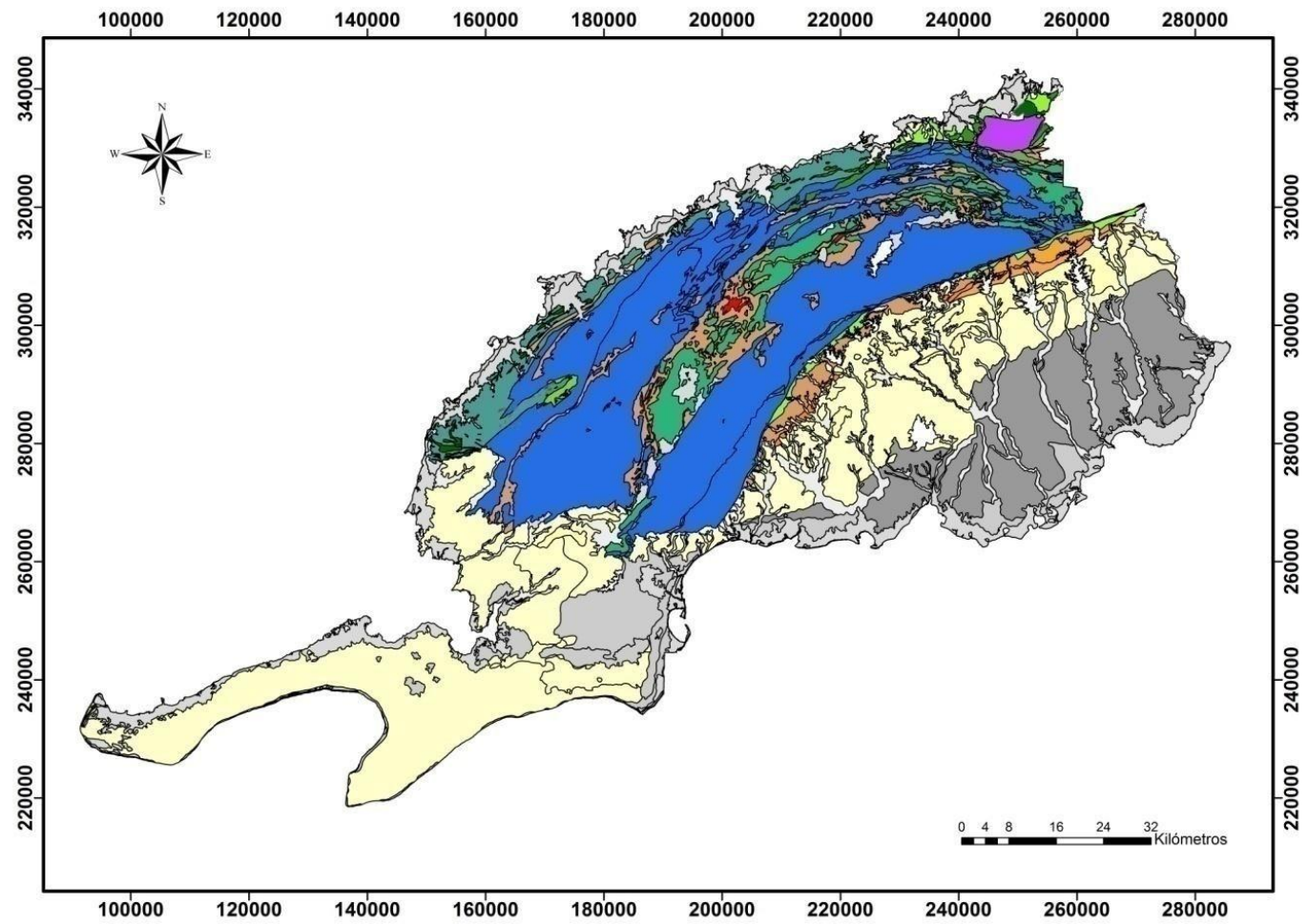
potencia de los depósitos neoplatafórmicos, manifestándose en su substrato diversas fallas escalonadas sub – paralelas a la Falla Pinar. Los depósitos preorogénicos (a partir del Albiano) y orogénicos que componen el substrato de la Cuenca Los Palacios son de carácter terrígeno y terrígeno – carbonático, aparecen menos dislocados que las secuencias de las zonas Guaniguanico y Bahía Honda, estando siempre dispuestos en una sucesión estratigráfica normal (J.O. López et al. 1987; García et al. 1989 en García et al, 2003).

La Zona Bahía Honda se caracteriza por exposiciones de rocas ofiolíticas de suprasubducción, así como de secuencias cretácicas de una presunta cuenca de retroarco y, en menor grado, de la parte axial del arco volcánico; formando un conjunto rocoso muy dislocado y desmembrado tectónicamente (Pszczółkowski et al. 1975; Pszczółkowski y Albear 1982; Martínez et al. 1994, Cruz-Gámez 1998, Iturralde-Vinent 1998). Además afloran depósitos orogénicos deformados (Fms. Vía Blanca, Peñalver) relacionados genéticamente con la fase tectónica del Campaniano-Maastrichtiano y también sedimentos terrígenos menos deformados del Paleógeno Inferior (Grupo Mariel), depositados discordantemente sobre los complejos anteriores en una cuenca de piggy back (Pszczółkowski et al. 1975; Martínez et al. 1991; Iturralde-Vinent 1998 en García et al, 2003).

La Cordillera de Guaniguanico está constituida por las elevaciones del Norte de Cuba occidental, que se extienden desde el NO de Pinar del Río, hasta el NO de La Habana. Se distinguen 4 macizos montañosos: las Alturas de Pizarras del Norte y del Sur, la Sierra de los Órganos y la Sierra del Rosario. La cordillera está formada esencialmente por capas del Jurásico y Cretácico del Paleomargen de la América del Norte, sobre las que yacen sedimentos de una cuenca de ante país del Terciario inferior. Todas ellas están cortadas por nappes o mantos tectónicos, trasladados en general de sur a norte, que forman una estructura de varios kilómetros de espesor. El corte estratigráfico de la región se caracteriza, en general, por el desarrollo de formaciones del Jurásico Superior al Eoceno Medio parte baja representadas en su interior por depósitos terrígenos que hacia arriba en el corte se van tornando cada vez más carbonatados, hasta volver a tornarse terrígenos olistostrómicos hacia el final del corte (Cobiella et al, 2006). Su estructura geológica está representada por mantos

cabalgados, y la superposición de diferentes eventos tectónicos que agudizan la complejidad del corte.

En el extremo más occidental y separada del resto del territorio por una zona de fallas con rumbo E-W, coincidiendo con el istmo La Fe – Cortés, se encuentra la llanura cársica pantanosa de la Península de Guanahacabibes, caracterizada por rocas calizas organógenas, fundamentalmente arrecifales, calcarenitas, conglomerados calcáreos, arenas y sedimentos turbo-cenagosos del Neógeno-Cuaternario, que a partir del Plioceno Superior – Pleistoceno Inferior y hasta la actualidad se ven afectadas por movimientos neotectónicos en forma de basculamientos. Este fenómeno ha generado la subsidencia de la costa norte, cubierta por ciénagas y pantanos que se orienta sobre una ancha plataforma submarina de poca profundidad y el ascenso de la costa sur con acantilados, seborucos costeros y playas arenosas, donde la plataforma insular es sumamente estrecha (Figura II.4).



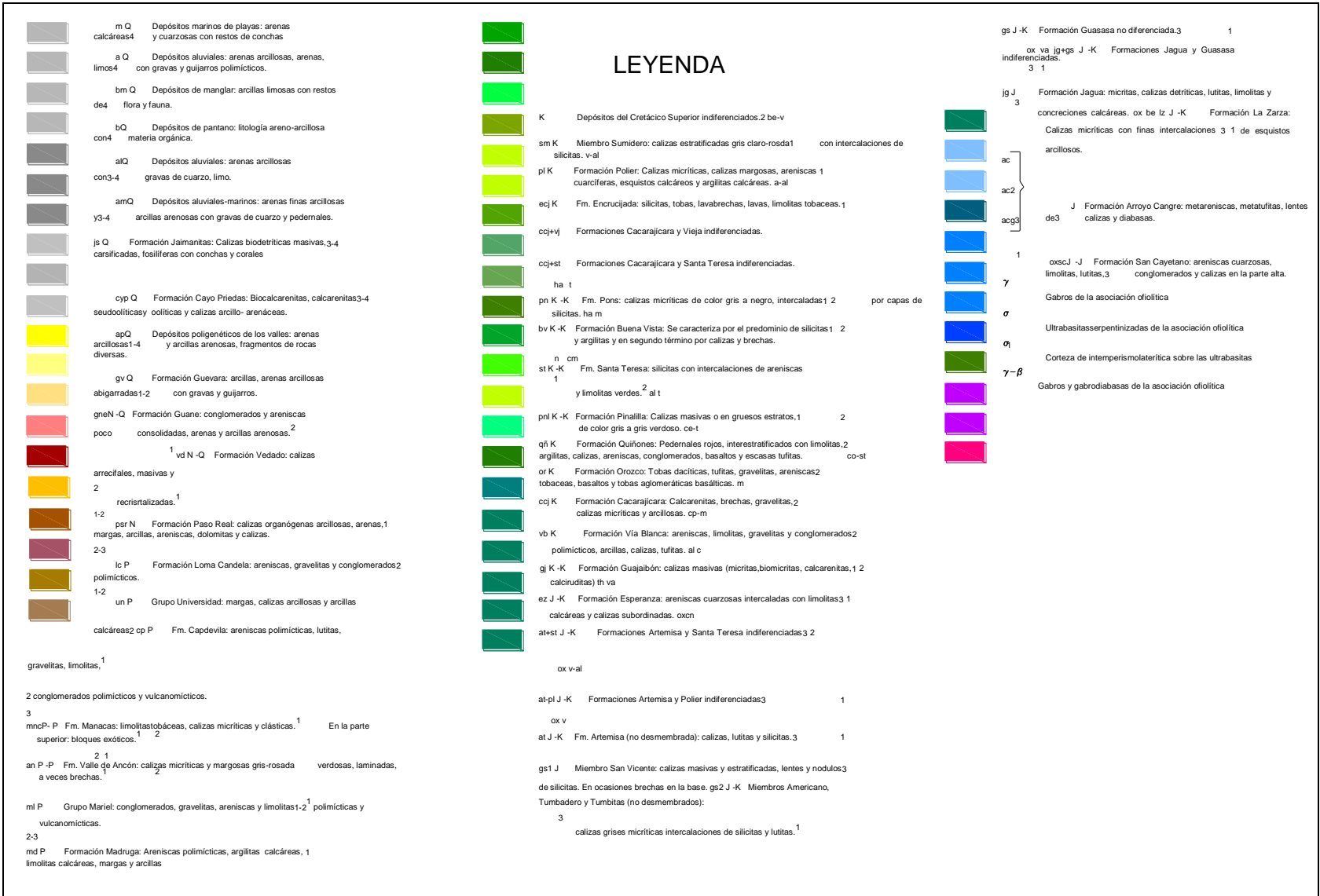


Figura II.4 Mapa Geológico de la provincia de Pinar del Río, Escala 1:100 000

II.2.1. Tectónica.

El territorio insular de Cuba ha sido afectado por varios eventos tectónicos desde el Jurásico (Triásico?) hasta el Eoceno.

Son muchos los trabajos que desde diferentes puntos de vista han abordado las particularidades tectónicas de este territorio (Hatten, 1957; Furrázola y Judoley, 1964; Khudoley, (1967); Pushcharovskiet *al.*, (1967); Gutiérrez, (1968); Judoley y Furrázola, (1968); Judoley y Furrázola, (1971); Khudoley y Meyerhoff, (1971); Pietrowska, (1972 y, 1987); Danilewski, (1972); Pszczolkowski, (1975); Pardo, (1975); entre otros y, muy recientemente, Iturralde, (1998).

En Cuba se han reconocido los llamados Terrenos sudoccidentales (Guaniguanico, Escambray y Pinos; Iturralde, 1994), que tienen en común su aloctonía, un cierto grado de metamorfismo, y contienen elementos Tectono-estratigráficos desprendidos del margen continental del bloque Maya (Península de Yucatán).

El Terreno Guaniguanico está situado en Cuba Occidental, como un extenso afloramiento de compleja estructura interna. Las rocas expuestas se han dividido en varios cortes estratigráficos (Cangre, Los Órganos, Rosario Sur, Rosario Norte y Quiñones–Guajaibón), que afloran como fajas deformadas de rumbo NE a SW. Estas deformaciones tienen vergencia N y NW y son el resultado de la superposición de varias unidades de mantos de corrimientos empujados hacia el N-NW, que posteriormente fueron deformados como una cúpula periclinal cuyo eje se hunde hacia el este. Los mantos tectónicos en Guaniguanico, tienen poca inclinación (Bralower e Iturralde, 1997).

Conclusionesparciales.

- En la provincia de Pinar del Río los eventos meteorológicos severos (ciclones tropicales, tormentas locales severas y lluvias intensas) constituyen los principales peligros naturales.
- La región de estudio se caracteriza geomorfológicamente por los siguientes tipos de relieves: llanura cársica al oeste; llanuras alargadas al norte y al sur; dos cadenas montañosas en la parte central, separados por la cuenca del río San Diego.

- La geología de la zona de estudio abarca sedimentos desde el Jurásico Inferior hasta el Cuaternario Reciente, cuya composición litológica predominante es terrígeno-carbonatada.

Capítulo III. Procesamiento de la información

En este capítulo se describe el procedimiento utilizado en la elaboración del catastro de materiales para la construcción de las diferentes obras de tierra.

III.1. Materiales

La información geotécnica que sustenta el catastro ingeniero-geológico, fue extraída fundamentalmente de los informes técnicos de la Unidad de Investigaciones para la Construcción de Pinar del Río, UIC No. 1, perteneciente a la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA). Otros materiales de obligada consulta para cumplir los objetivos de la investigación fueron: Informe sobre la situación actual de los préstamos y canteras del municipio Pinar del Río (Suárez, 1994). Se consultaron además las propuestas de rehabilitación ambiental para préstamos y canteras de López (2009), Mohamed (2012), Addo (2012).

En resumen, se consultaron 170 informes técnicos, una tesis de diploma para Ingenieros, tres tesis de maestrías y cuatro tesis doctorales. De esta forma se computaron 162 préstamos, todos distribuidos en la geografía pinareña. Para la ubicación espacial del total de préstamos se emplearon las hojas cartográficas 1:25 000 de la Provincia de Pinar del Río (Figura III.1).

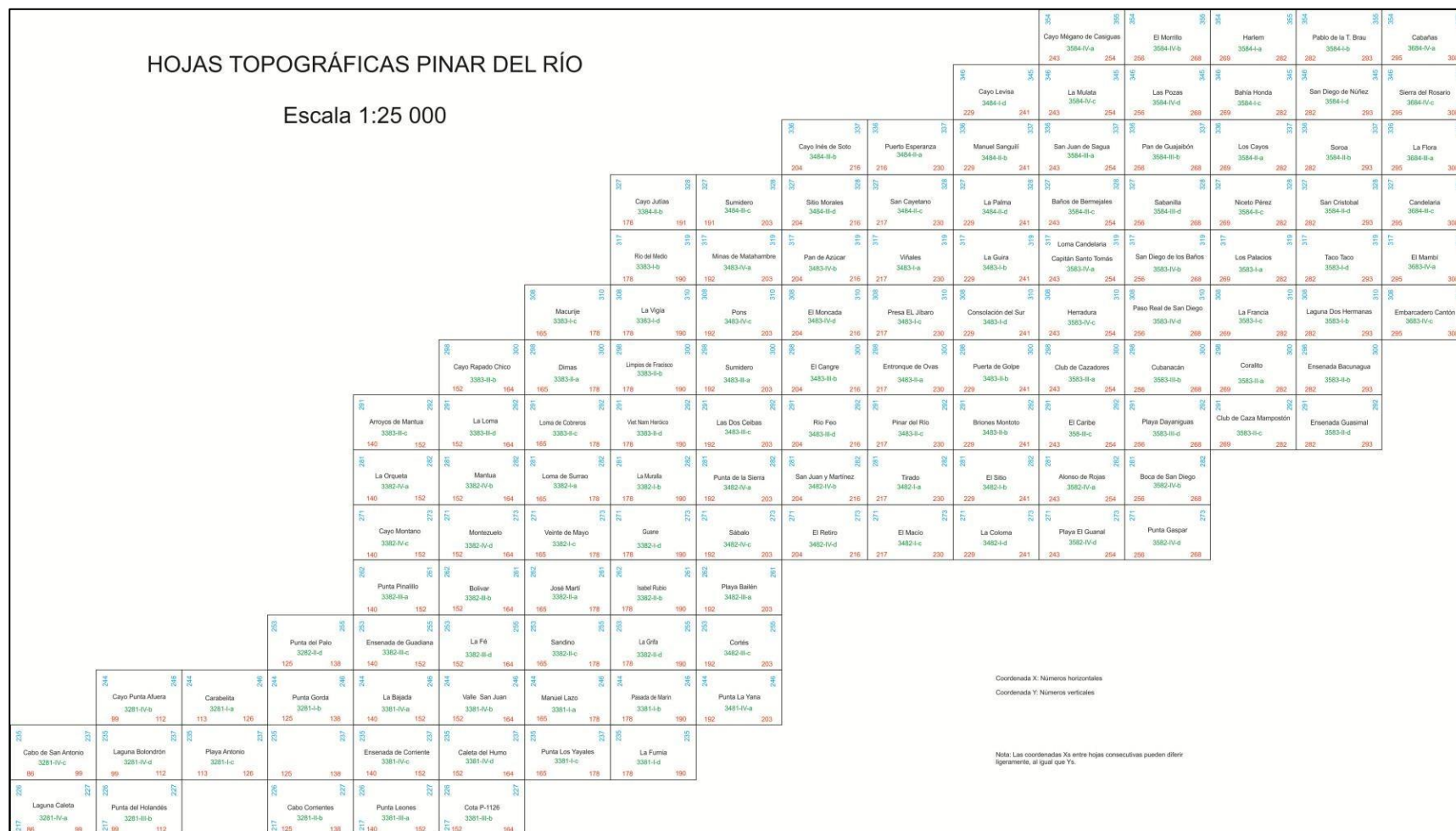


Figura III.1. Hojas topográficas de Pinar del Río, escala 1:25 000.

III.2. Método de Investigación

De los métodos de investigación conocidos (empíricos y teóricos) se utilizó fundamentalmente en el método empírico que se relacionan con el procesamiento estadístico de los datos de laboratorio y campo.

Dando cumplimiento al flujograma del proceso de investigación científica procedimos de la siguiente manera.

Etapas 1: Revisión bibliográfica.

En esta etapa se realizó una búsqueda de informes sobre materiales de construcción en el archivo técnico de la Unidad de Investigaciones para la Construcción de Pinar del Río (UIC Pinar del Río) de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, vinculadas con esta temática.

La UIC Pinar del Río de la ENIA, como rectora de las investigaciones ingeniero geológicas en la provincia, conserva en su archivo técnico, información sobre los préstamos investigados como material de construcción para distintos proyectos, la inmensa mayoría explotados durante el desarrollo del proceso constructivo o en la etapa de proyecto. Comprenden, fundamentalmente, préstamos de mejoramiento para obras viales, préstamos para relleno y levante, tanto en obras hidráulicas como en otras obras civiles, así como el estudio de materiales con otros fines asociados al proceso constructivo.

A partir de esta revisión bibliográfica, se seleccionó finalmente un total de 162 préstamos distribuidos en la provincia de Pinar del Río, con mayor incidencia en la porción sur, asociados a áreas de desarrollo constructivo. Para cada uno de ellos fue extraída toda la información referente a:

- Número de expediente de obra
- Nombre de la obra
- Coordenadas Lambert Sistema Cuba Norte (Coordenada X y Y)
- Descripción del suelo
- Clasificación por Highway Research Board (HRB) y Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)
- Parámetros físico-mecánicos

Etapla 2: Elaboración de bases de datos.

Una base de datos se puede definir como un conjunto de información relacionada, que se encuentra agrupada o estructurada (<file:///H:/basededatos.htm>). Tomando en cuenta esta conceptualización, el autor propone crear una base de datos con toda la información recopilada en la etapa 1 mediante el sistema Microsoft Excel 2010, asignándole las filas a los nombres de las obras y a las columnas las características extraídas en la etapa anterior. Durante el proceso de elaboración de bases de datos el modelo concibe, al menos, la definición de la ubicación de los préstamos, la geología local representada por la litología, y propiedades físico-mecánicas (Tabla 9).

Dentro de los parámetros geotécnicos evaluados se encuentran los siguientes:

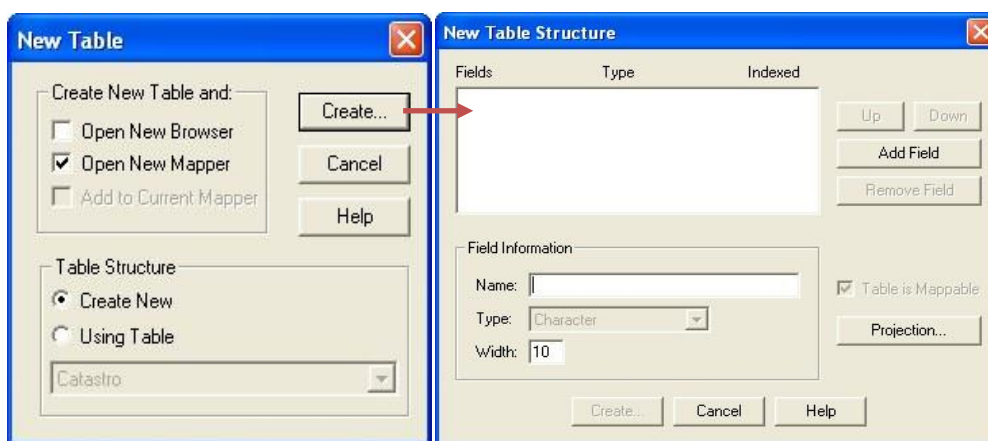
- Granulometría: grava, arena, limo, arcilla.
- Límites de consistencias: limite líquido, limite plástico, índice plástico y límite de contracción.
- Condiciones naturales: humedad natural, peso específico (densidad) húmedo y peso específico seco.
- Parámetros asociados: relación de vacíos, porosidad, saturación de agua, índice de consistencia.
- Peso específico relativo de los sólidos.
- Resistencia al corte (C y ϕ).
- Consolidación Edométrica.
- Proctor Estándar con sus parámetros asociados.
- Proctor Modificado con sus parámetros asociados.
- California Bearing Ratio (Índice CBR)

Tabla 9. Fragmento de la base de datos creada en Excel 2010.

NO. DE EXP.	NOMBRE DEL EXPEDIENTE	COORDENADAS	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	PROYECTO DE PASEO DEL RÍO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
					GRANULOMETRÍA										LÍMITES DE CONSISTENCIA										COND. NATURALES										PARÁMETROS ASOCIADOS										PESO ESP.										REQUISIT. AL CORTE										MÓDULO EDIMÉTRICO										PRÓCTOR ESTÁNDAR										PARÁMETROS ASOCIADOS										PRÓCTOR MODIFICADO										PARÁMETROS ASOCIADOS										CBR(N)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
					SUCS		HMB		G	A	L	M	F	LL	LP	LC	U	P	U ₁	P ₁	U ₂	P ₂	U ₃	P ₃	U ₄	P ₄	U ₅	P ₅	U ₆	P ₆	U ₇	P ₇	U ₈	P ₈	U ₉	P ₉	U ₁₀	P ₁₀	U ₁₁	P ₁₁	U ₁₂	P ₁₂	U ₁₃	P ₁₃	U ₁₄	P ₁₄	U ₁₅	P ₁₅	U ₁₆	P ₁₆	U ₁₇	P ₁₇	U ₁₈	P ₁₈	U ₁₉	P ₁₉	U ₂₀	P ₂₀	U ₂₁	P ₂₁	U ₂₂	P ₂₂	U ₂₃	P ₂₃	U ₂₄	P ₂₄	U ₂₅	P ₂₅	U ₂₆	P ₂₆	U ₂₇	P ₂₇	U ₂₈	P ₂₈	U ₂₉	P ₂₉	U ₃₀	P ₃₀	U ₃₁	P ₃₁	U ₃₂	P ₃₂	U ₃₃	P ₃₃	U ₃₄	P ₃₄	U ₃₅	P ₃₅	U ₃₆	P ₃₆	U ₃₇	P ₃₇	U ₃₈	P ₃₈	U ₃₉	P ₃₉	U ₄₀	P ₄₀	U ₄₁	P ₄₁	U ₄₂	P ₄₂	U ₄₃	P ₄₃	U ₄₄	P ₄₄	U ₄₅	P ₄₅	U ₄₆	P ₄₆	U ₄₇	P ₄₇	U ₄₈	P ₄₈	U ₄₉	P ₄₉	U ₅₀	P ₅₀	U ₅₁	P ₅₁	U ₅₂	P ₅₂	U ₅₃	P ₅₃	U ₅₄	P ₅₄	U ₅₅	P ₅₅	U ₅₆	P ₅₆	U ₅₇	P ₅₇	U ₅₈	P ₅₈	U ₅₉	P ₅₉	U ₆₀	P ₆₀	U ₆₁	P ₆₁	U ₆₂	P ₆₂	U ₆₃	P ₆₃	U ₆₄	P ₆₄	U ₆₅	P ₆₅	U ₆₆	P ₆₆	U ₆₇	P ₆₇	U ₆₈	P ₆₈	U ₆₉	P ₆₉	U ₇₀	P ₇₀	U ₇₁	P ₇₁	U ₇₂	P ₇₂	U ₇₃	P ₇₃	U ₇₄	P ₇₄	U ₇₅	P ₇₅	U ₇₆	P ₇₆	U ₇₇	P ₇₇	U ₇₈	P ₇₈	U ₇₉	P ₇₉	U ₈₀	P ₈₀	U ₈₁	P ₈₁	U ₈₂	P ₈₂	U ₈₃	P ₈₃	U ₈₄	P ₈₄	U ₈₅	P ₈₅	U ₈₆	P ₈₆	U ₈₇	P ₈₇	U ₈₈	P ₈₈	U ₈₉	P ₈₉	U ₉₀	P ₉₀	U ₉₁	P ₉₁	U ₉₂	P ₉₂	U ₉₃	P ₉₃	U ₉₄	P ₉₄	U ₉₅	P ₉₅	U ₉₆	P ₉₆	U ₉₇	P ₉₇	U ₉₈	P ₉₈	U ₉₉	P ₉₉	U ₁₀₀	P ₁₀₀																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Un mapa virtual o digital, como se prefiera llamar, es un mapa disponible para ser mostrado o diseñado. Es un arreglo de informaciones en la computadora de forma que pueda ser almacenado como una imagen o utilizado por los CAD y los SIG para generar un mapa, cuando o como se necesite, así como actualizaciones según se vayan obteniendo nuevas informaciones.

La incorporación de los datos tabulados en el Sistema de Información Geográfica (MapInfo 10.5) se realiza mediante la operación *File/New Table*, y se despliega la siguiente ventana de aplicación

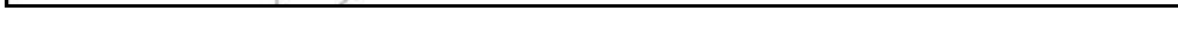


En la segunda ventana es donde además de otorgarle la proyección del Sistema de Cuba Norte, se adicionan tantas campos (Fields) como se necesite (Add Field).

Seguidamente Window/New Browser Window, se carga la tabla con el nombre que se te dio a la tabla que se creó.



Se copia toda la base de datos que se creó en Excel, en la estructura de la tabla.



Este etape conceibe la realizaci3n

en las bases de datos dirigidas a revelar préstamos que cumplan condiciones preestablecidas por el usuario. En el trabajo son empleadas operaciones sobre mapas simples, que incluye operaciones de superposición de múltiples mapas, para obtener los diferentes mapas resultantes.

Mediante las consultas se pueden revelar tendencias subyacentes de los datos, creándose y disponiendo de nueva información. Este proceso se facilita mediante el empleo de herramientas propias del software utilizado, las que han permitido desglosar a su vez los factores naturales.

Conclusionesparciales.

- Los materiales consultados existentes en los archivos especializados de la Unidad de Investigaciones para la Construcción permitieron inventariar y caracterizar los préstamos de la provincia de Pinar del Río.
- El empleo del Sistema de Información Geográfica (SIG), MapInfo 10.5, permitió la elaboración de una herramienta en formato digital de toda la información inventariada, posibilitando el manejo integral de los materiales para la construcción de los 162 préstamos.

Capítulo IV. Aplicación de los resultados obtenidos

En este capítulo se describen los resultados obtenidos, y su vinculación al manejo de los préstamos de la provincia de Pinar del Río.

Estos resultados van encaminados a crear una herramienta de trabajo que permita una mejor gestión del medio ambiente que, en manos de los decisores locales, puede redundar en una disminución significativa de áreas devastadas por la explotación irracional de zonas de préstamos para sus diferentes usos, tal como ha estado ocurriendo en la provincia.

IV.1. Catastro y caracterización de los préstamos de la provincia de Pinar del Río

El primer resultado de esta investigación radica en la tabulación de las características de cada préstamo en una base de datos en plataforma Microsoft Excel 2010. Esta base de datos tiene la posibilidad de una continua actualización, además es compatible con los sistemas de información geográfica SIG. Este resultado es capaz de agrupar las características geotécnicas más importantes de los préstamos estudiados para diferentes fines en Pinar del Río, computándose hasta el cierre de este trabajo un total de 162 préstamos (Anexo gráfico1).

Según la ubicación espacial de los préstamos, la mayor cantidad se ubica en la parte meridional de la provincia, especialmente en una faja situada al sur de la falla Pinar, coincidente con la zona de mayor desarrollo económico y social de la provincia. Por municipios, la mayor cantidad corresponde al de Pinar del Río, lo que responde a un desarrollo constructivo superior que en el resto de los municipios de la provincia (Figura VI.1).

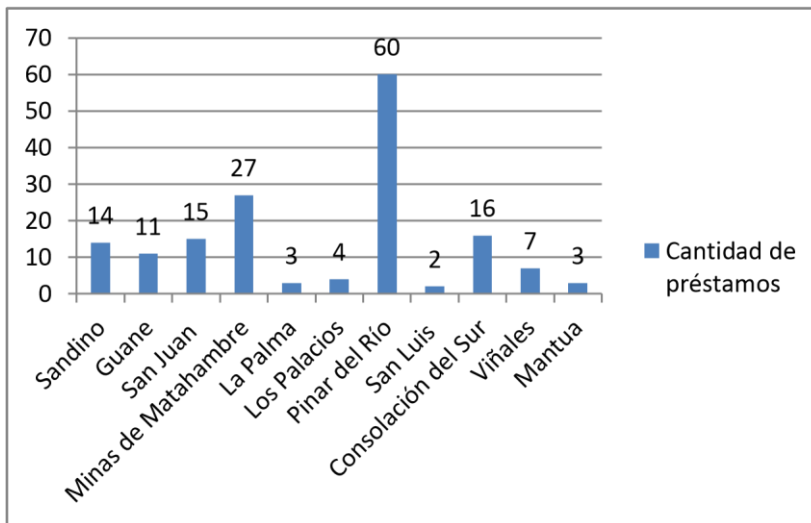


Figura IV.1. Cantidad de préstamos por municipio en la provincia de Pinar del Río.

Los préstamos, predominantemente, corresponden a materiales arcillo arenosos, los que se pueden emplear en obras de tierra, tales como cierre de presas, obras lineales (subrasante, relleno o levante en carreteras), explanaciones en general y como materiales de construcción en las estabilizaciones suelo-suelo, estabilizaciones mecánicas o suelocemento y suelo-cal.

Entre las diferentes características que contiene la base de datos, se encuentra la clasificación por Highway Research Board (HRB) del suelo, la cual es aplicable para las obras de viales. En la misma se puede observar que la mayoría de los suelos corresponden a suelos granulares (menos de 35 % pasa por el tamiz No. 200), los que clasifican como A-1, A-2 y A-3. (Figura IV.2)

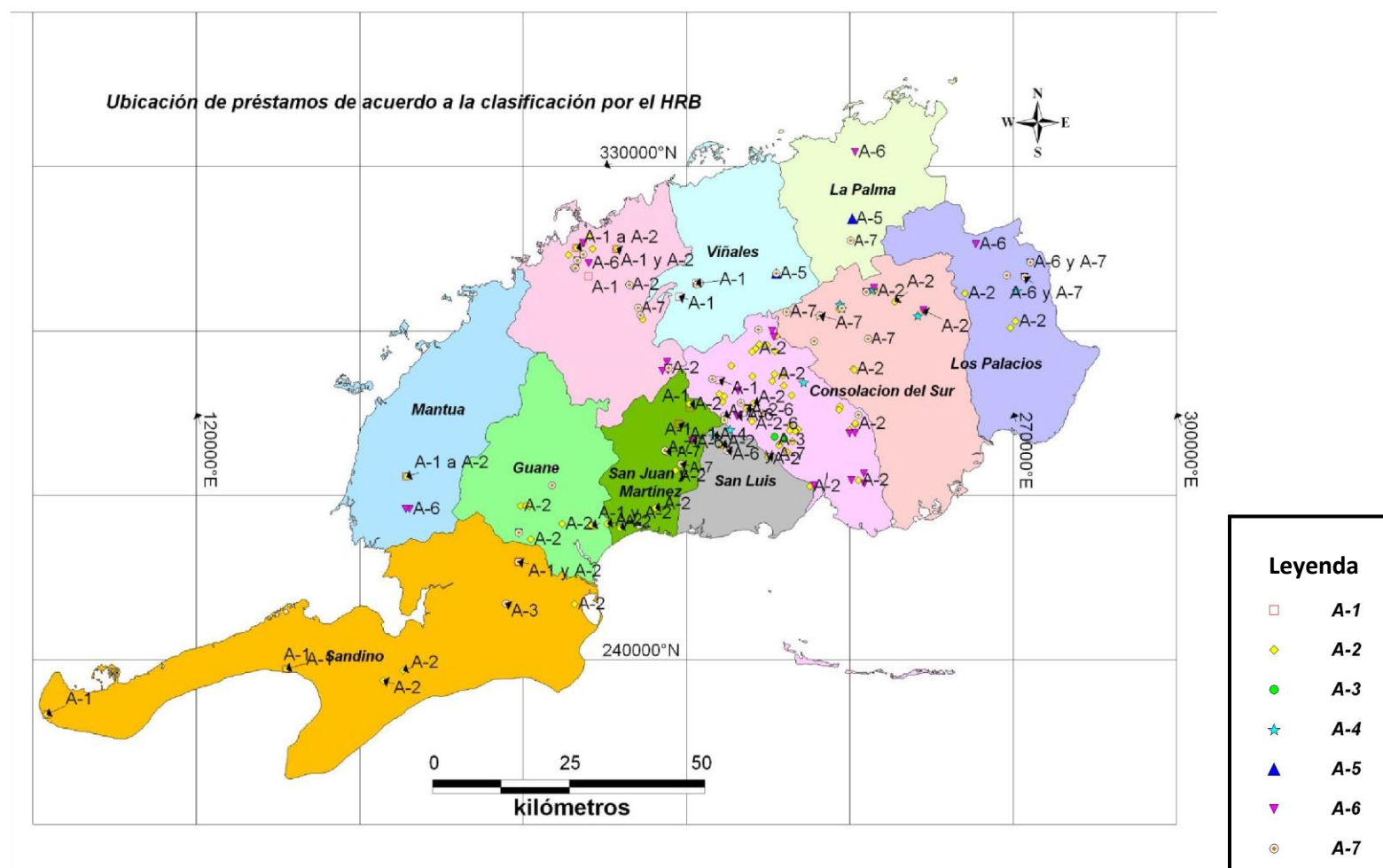


Figura IV.2. Ubicación de préstamos de acuerdo a su clasificación por el HRB

Los suelos A-1, de acuerdo con su descripción, son mezclas bien graduadas compuestas de fragmentos de piedra, gravas, arenas y material ligante poco plástico. Se incluyen también aquellas mezclas bien graduadas que no tienen material ligante. Los subgrupos a y b responden al porcentaje de grava que contenga el suelo: si es una mezcla de piedra o grava con o sin material fino ligante bien graduado, se trata de un suelo A-1-a; por consiguiente, si es una mezcla de arena gruesa con o sin material fino ligante bien graduado, es un A-1-b, ambos con un índice de plasticidad máximo de 6 %. Estos suelos poseen una permeabilidad baja, y los cambios de volumen son muy pequeños por tener un porcentaje de fino (que pasa por el tamiz No. 200) de 15 % máximo en el caso de los A-1-a y de 25 % máximo en los A-1-b. Su comportamiento como subbase, base, terreno de fundación y terraplén es de bueno a excelente.

Los suelos A-2 se describen como una mezcla mal proporcionada de grava, arena, limo y arcilla, contienen material fino (limo y arcilla) que excede los límites establecidos para los suelos A-1 y A-3. La diferencia entre los A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7 radica en el índice de plasticidad: si contienen un máximo del 10 %, pertenecen a los dos primeros grupos, y si presentan un mínimo de 11 % a los restantes. Presentan una permeabilidad baja a mediana, por lo que los cambios volumétricos son medianos a elevados. Su comportamiento como terreno de fundación es de bueno a excelente, para subbase regular, como base mal a regular, y en terraplenes regular a bueno.

Los suelos A-3, según su descripción litológica, responden a arenas finas de playa y arenas con poco o nada de material fino (limo y arcilla). Además, en ocasiones son una mezcla de arena fina mal graduada, con cantidades limitadas de arena gruesa y gravas. No contienen subgrupos, son suelos no plásticos, con un comportamiento como terreno de fundación, subbase, base y en terraplenes de regular a excelente.

Por otra parte, existen préstamos de suelos finos (A-4, A-5, A-6, A-7) que debido a que más del 35 % pasa por el tamiz No. 200, tienen un alto contenido de fracción fina, por lo que experimentan cambios volumétricos y su comportamiento como terreno de fundación es de regular a malo.

Para el grupo A-6, el material característico es la arcilla plástica. Por lo menos el 75 % de estos suelos debe pasar por el tamiz No. 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-

arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64 %. Estos materiales presentan por lo general grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

El grupo A-7 contiene suelos semejantes a los del grupo A-6, pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados (41 % como mínimo). El subgrupo A-7-5 incluye aquellos materiales cuyo índice de plasticidad es muy alto con respecto a su límite líquido, y los del subgrupo A-7-6 comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad es muy elevado con respecto a su límite líquido, y además experimentan cambios de volumen entre sus estados seco y húmedo.

IV.2. Aplicaciones vinculadas al manejo del catastro de préstamos de la provincia de Pinar del Río.

Una de las aplicaciones principales del catastro responde a la localización de préstamos que cumplan con exigencias particulares, de acuerdo al objeto de obra civil previsto a desarrollar. Conocer la ubicación geográfica exacta del préstamo más cercano que cumpla con las características idóneas, ofrece grandes ventajas a los inversionistas y ejecutores de los objetos de obras, como son:

- Ahorro de combustible en el traslado de materiales, disminuyendo las emisiones de CO₂ a la atmósfera.
- Disminuyen las áreas a intervenir desde el punto de vista minero, lo que se revierte en menores afectaciones al paisaje, y a la flora y fauna en particular.
- Disminuye el número de investigaciones a realizar.
- Disminuye el número de perforaciones puesto que se cuenta con un conocimiento previo del préstamo.
- La investigación se limitaría a comprobaciones o actualizaciones, lo que reduciría en un elevado por ciento el costo de la investigación.

Al referirse a las aplicaciones vinculadas al manejo del Catastro Digital de Préstamos de materiales de la Construcción de la Provincia de Pinar del Río, se tuvieron en cuenta las diferentes actividades que se desarrollan en cuanto a construcción, remodelación, reparación y mantenimiento de obras en general, en las que se necesitan de una continua búsqueda de materiales con los que se construyan las estructuras, de hormigón reforzado,

metálicas, térreas o asimiladas como materiales de construcción compactados en obras lineales, así como grandes explanaciones para la creación de asentamientos humanos, urbanos o rurales.

En la provincia de Pinar del Río se desarrollan una serie de obras que se encuentran en fase de proyecto o construcción, las que de una u otra forma precisan de la utilización de materiales de préstamos para rellenos tecnificados, por lo que la localización de zonas de préstamos lo más cercanas posible a las obras en cuestión, es una de las tareas que puede solucionarse con la aplicación de esta herramienta.

Sobre la elaboración, mejoramiento y actualización del catastro de préstamos de materiales de la construcción, la autora de esta tesis, en conjunto con especialistas de la ENIA, viene trabajando desde el año 2010. En este caso, se trabajó bajo el amparo del proyecto Evaluación y Conservación del Macizo Geológico con fines constructivos, proyecto empresarial ENIA-UPR. A continuación se presentan algunas experiencias que exponen las potencialidades del catastro y validan su efectividad.

Uno de los ejemplos a resaltar es el referido a obras vinculadas a los Programas de Construcción de Viviendas en aquellas áreas que fueron desechadas al realizarse el planeamiento de crecimiento urbano de la ciudad, en específico el área que actualmente ocupa el denominado Micro-distrito IV del Reparto Hermanos Cruz. En este sitio existía una zona de lagunas y en ella se fue vertiendo todo el escombros producido de las construcciones que se realizaban en esta área. En tres ocasiones se realizaron perforaciones por parte de la Empresa de Investigaciones Aplicadas de Pinar del Río y fueron entregadas a la entidad proyectista para el proyecto de cimentación y en ninguno de los casos se decidió continuar el proyecto dadas las características de la base de cimentación (suelo coluviales o depósitos de aguas tranquilas a base de cienos y limos orgánicos), lo que representa condiciones de cimentación desfavorables. En el 2013 por el imperativo de aprovechar estas áreas, se decidió resolver las condiciones de cimentación del área de lagunas de Micro IV, apelando al recurso de construir un relleno técnico sobre el cual cimentar varias edificaciones de la tipología Gran Panel IV (GP-IV). Esto llevó consigo la localización de un préstamo que cumpliera con las características de asimilar el esquema de cargas propio de dicha tipología y aprovechando el conocimiento relativo a las características del préstamo del km 144 de la Autopista Nacional, muy cercano a la obra y

debidamente caracterizado por sus propiedades en varias aplicaciones que del mismo se realizaron, permitió resolver la tarea en un breve plazo, pues solo fue preciso realizar un volumen mínimo de ensayos de laboratorio a modo de revalorización, lo que representa un ejemplo práctico y fundamentado de tener localizada, documentada y actualizada esta herramienta de materiales útiles para la construcción.

En el 2010 se realizó una investigación por parte de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, de una parcela escogida para la edificación de las viviendas tipo Sandino y de cubierta ligera, que ocupa una superficie aledaña a las viviendas existentes, al oeste y contiguo a la carretera a La Coloma, que se microlocaliza en las coordenadas rectangulares X=E=231836 y Y=N=272775, tomadas de la hoja cartográfica Pinar del Río 3482 I-b-4. Geomorfológicamente es un lugar llano y bajo anegadizo, con agua estancada de lluvia en muchas de las perforaciones realizadas, pertenecientes a la Llanura Marina Acumulativa, además presenta una disección horizontal y vertical débilmente manifestada, donde la vegetación más sobresaliente resultan ser las variedades de palmas canas y barrigonas y cultivos de arroz mediante terrazas planas con diques. Los trabajos investigativos contaron también con trabajos geofísicos. Todo lo antes realizado demuestra que el área estudiada tenía condiciones de cimentación desfavorables, debido a la susceptibilidad a los cambios volumétricos que experimentan los suelos considerados como base de cimentación y que cubren gran parte de la superficie estudiada (suelos arcillosos caoliníticos de plasticidad alta y humedad media con alto número de golpes), las tensiones expansivas medidas en el laboratorio de la propia entidad ascienden a 90 kPa aproximadamente. Por esta razón, se recomendó a los proyectistas de la obra que al comenzar las excavaciones para las cimentaciones debían disponer de un material gravoso (piedra $\frac{3}{4}$ a rajón) y depositarlo en forma de capas en las dichas excavaciones para contrarrestar la expansividad del material. Fue necesaria además la búsqueda de material para el levante del terreno que no contenga ni componentes orgánicos, ni manifestaciones de hinchamiento libre mayor de 3 %. Después de consultado el catastro se le recomendó el uso de un préstamo cercano a la obra y que cumpliera con los requerimientos técnicos en el Km. 10, cerca del Aeropuerto en la carretera de La Coloma.

Recientemente (Noviembre-Diciembre de 2014), se trabajó en la localización de préstamos para los rellenos de los viales interiores de las urbanizaciones de los Microdistritos II, IV y

V del Reparto Hermanos Cruz. Realizando una búsqueda en el Catastro de los préstamos investigados en el municipio de Pinar del Río, e incluso en municipios adyacentes como Consolación del Sur, se decidió proponer a los inversionistas y proyectistas la utilización de tres préstamos con materiales aptos para ser utilizados como sub-base sin necesidad de realizar un elevado volumen de trabajos de campo con el consiguiente ahorro de recursos materiales y financieros.

Una de las obras de mayor envergadura que se desarrolla actualmente en el país y en la provincia, es la que se ejecuta por parte de la Empresa Minera del Caribe (EMINCAR S.A.) en su carácter de Inversionista, en el municipio Minas de Matahambre, vinculada a la explotación a cielo abierto y procesamiento de los yacimientos polimetálicos de Santa Lucía y Castellanos. Entre las diferentes estructuras que se construyen, se puede resaltar por su importancia, es el Vial de Acceso a la Planta Procesadora Castellanos de 3 km de extensión (Figura IV.3), la que demandará grandes volúmenes de materiales para levante, sub-base y base que se encuentren cercanos a la obra, ya que los estudios de suelos realizados evidencian que los materiales excavados según el proyecto de la obra, se pueden catalogar de regulares a malos, para su utilización como subrasantes, al ser clasificados como A-7-5 y A-4 respectivamente, según la NC 63:2000. En todos los casos, los materiales podrán utilizarse, de acuerdo con el % de CBR obtenido en el laboratorio, para compensar los tramos a rellenar solo hasta la capa del levante, con un adecuado control técnico del proceso de compactación, certificado por especialistas de la UIC Pinar del Río de la ENIA.

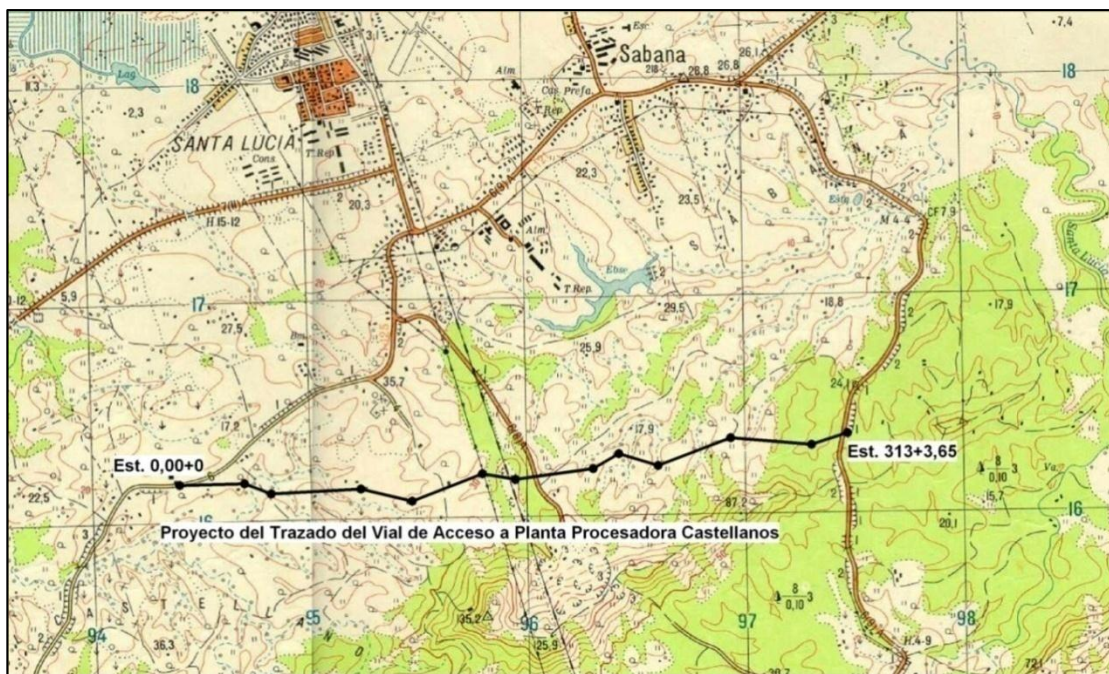


Figura IV.3: Mapa de Ubicación Geográfica Proyecto Vial de Acceso a Planta Procesadora Castellanos. (Rosa, 2014)

En la Tabla 10 se muestra la relación de préstamos ubicados en el municipio de Minas de Matahambre que cumplen con las especificaciones de proyecto para base y sub-base, que se pueden utilizar en el trazado del vial, según muestra el catastro de préstamos de materiales de la construcción con un comportamiento, bueno a excelente (Figura IV.4).

Tabla 10. Posible préstamos a utilizar el Trazado del Vial de Acceso Santa Lucia Castellanos.

NO. DE EXPEDIENTE	NOMBRE DEL EXPEDIENTE	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA					LÍMITES DE CONSISTENCIA				COND. NATU	PESO ESP. Gs
			SUCS	HRB	G	A	L	Ar	F	LL	LP	IP	LC	o	
					%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
MM	Desvío Puente. Fco. Torres Mat. de Relleno	Arcilla de alta plasticidad con gravas	CH	A-7	20	29	14	37	51	55	29	26			2.71
MM	Desvío Pte. Fco. Torres Prést. Mejoramiento	Arcilla de alta plasticidad grava arenosa	CH	A-7	20	29	14	37	51	55	29	27			2.78
MM	Desvío Pte. Los Pinos Prést. Mejoramiento	Arena arcillosa con gravas de serpenina	GC	A-1 y A-2	48	37	8	7	15	28	19	9			2.74
MM	Desvío Pte. Limonar Relleno	Arcilla de alta plasticidad	CH	A-7	8	30	18	44	62	51	27	24	22		2.78
MM-110	Desvío Pte. Limonar Mejoramiento	Grava arcillosa con arena	GC	A-2 y A-6	40	29	13	18	31	39	24	15			2.83
MM-131	Prést. No. 1 Pedraplén. Cayo Jutías	Gravas arcillo arenosa	GC	A-2 a A-6	40	24	12	24	36	40	22	18	14		2.71
MM-132	Prést. No. 2 Ped. Cayo Jutías	Grava arcillosa con arena	GC	A-2	50	25	7	18	25			NP		13,00	2.69
MM-134	Prést. No. 3 Ped. Cayo Jutías	Grava arcillosa con arena	GC	A-1 y A-2	53	22	11	13	24	36	21	15		12,00	2.64
MM-135	Prést. No. 4 Ped. Cayo Jutías	Grava arcillosa con arena	GC	A-2	53	25	7	14	21	33	19	14			2.66
No. determinaciones					9	9	9	9		8	8	8	2	2,00	0,00
Valor máximo					53	37	18	44		55	29	27	22	13,00	0,00
Valor mínimo					8	22	7	7		28	19	9	14	12,00	0,00
Rango					45	15	11	37		27	10	18	8	1,00	0,00

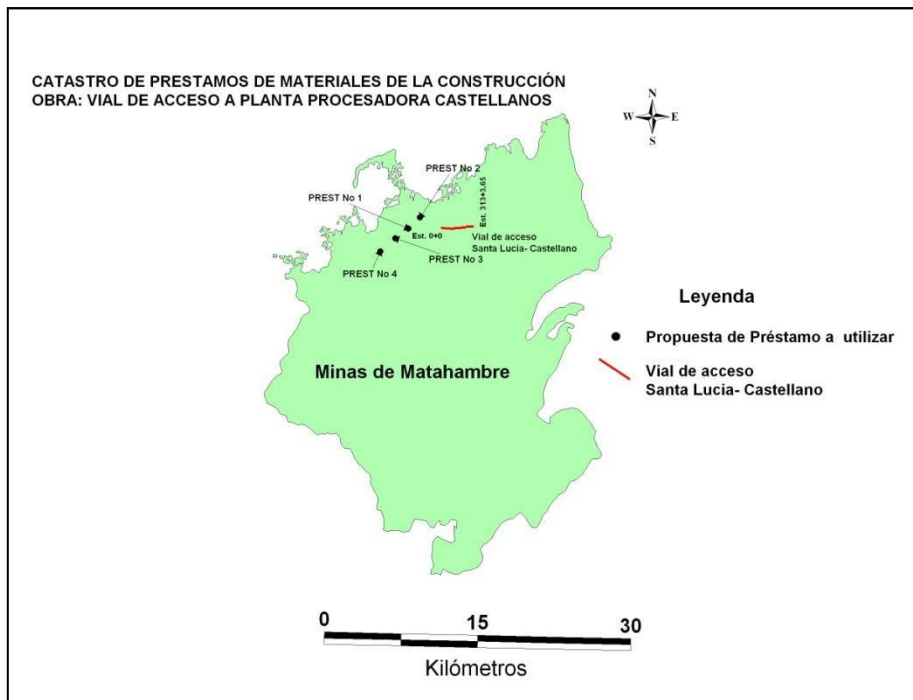


Figura IV.4. Catastro de préstamos de materiales de la construcción para la obra Vial de Acceso a Planta Procesadora Castellano.

Otra obra de gran importancia en la provincia es Punta Colorada: Golfy Marina, en el municipio de Sandino (Figura IV.5); la cual tiene como propuesta inversionista poner en práctica un proyecto de *Resort Integrado* compuesto por los elementos que se muestran en la Figura IV.6.

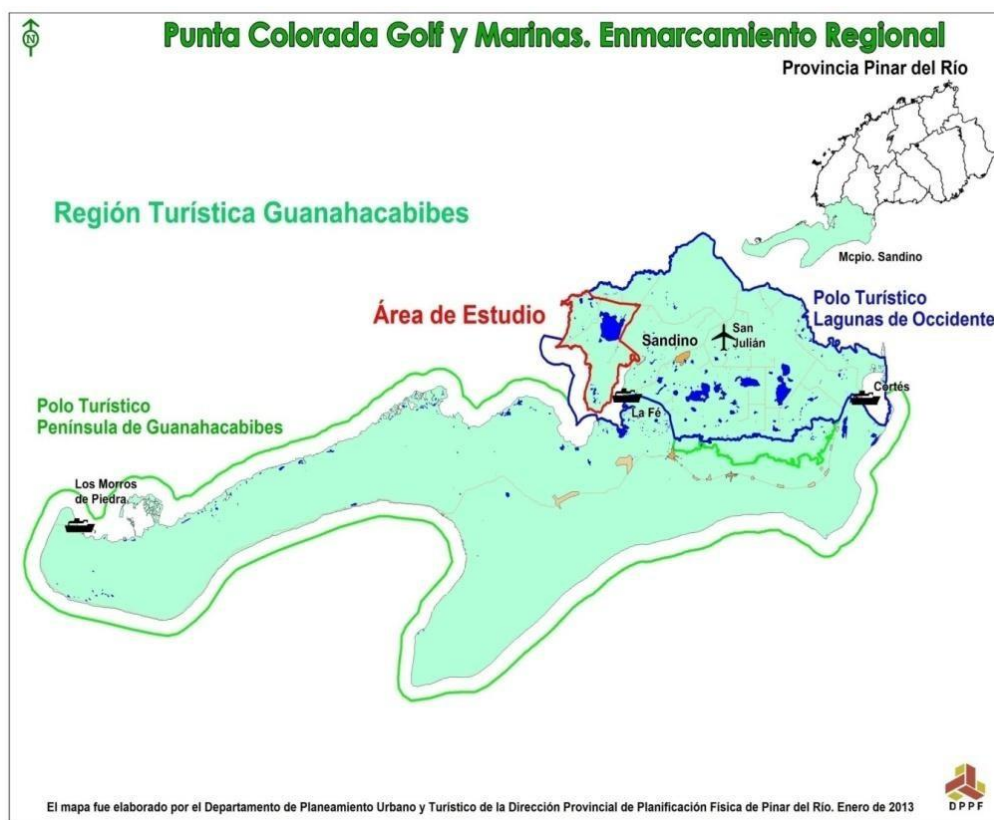


Figura IV.5. Punta Colorada Golf y Marinas. Enmarcamiento Regional.

Características del proyecto según la intención de la parte inversionista:

- ✓ Un proyecto de talla internacional de una ejecución total en torno a 15 años y con un inicio de comercialización a partir del segundo año.
- ✓ 4 000 ha de terreno donde actuar, según inversionista, quedando después del estudio en 3421.7 ha.
- ✓ 7 Campos de Golf de 18 hoyos, para un total de 484 Ha. De superficies entre 57 y 75 ha.
- ✓ 6 Casas Club para la gestión de los diferentes campos de Golf.
- ✓ 5 Hoteles de 5ª GL con un total de 1.060 plazas hoteleras, uno de ellos de 400 plazas, 2 más de 250, otro de 100 y el menor de 60 plazas.
- ✓ 20.000 unidades residenciales distribuidas entre apartamentos de 100 a 150 m² (13.250 unidades) y villas de 200 a 400 m² (6.750 unidades).
- ✓ 2 Puertos Deportivos, uno de 300 amarres y otro de 1.100 amarres.
- ✓ 1 Marina Seca para mantenimiento de embarcaciones de hasta 150 m de eslora.

- ✓ 1 Puerto de atraque para cruceros turísticos.
- ✓ 1 Puerto pesquero.
- ✓ 9 km de costa destinados a amarres para mega-yates.
- ✓ 1 Centro de Convenciones.

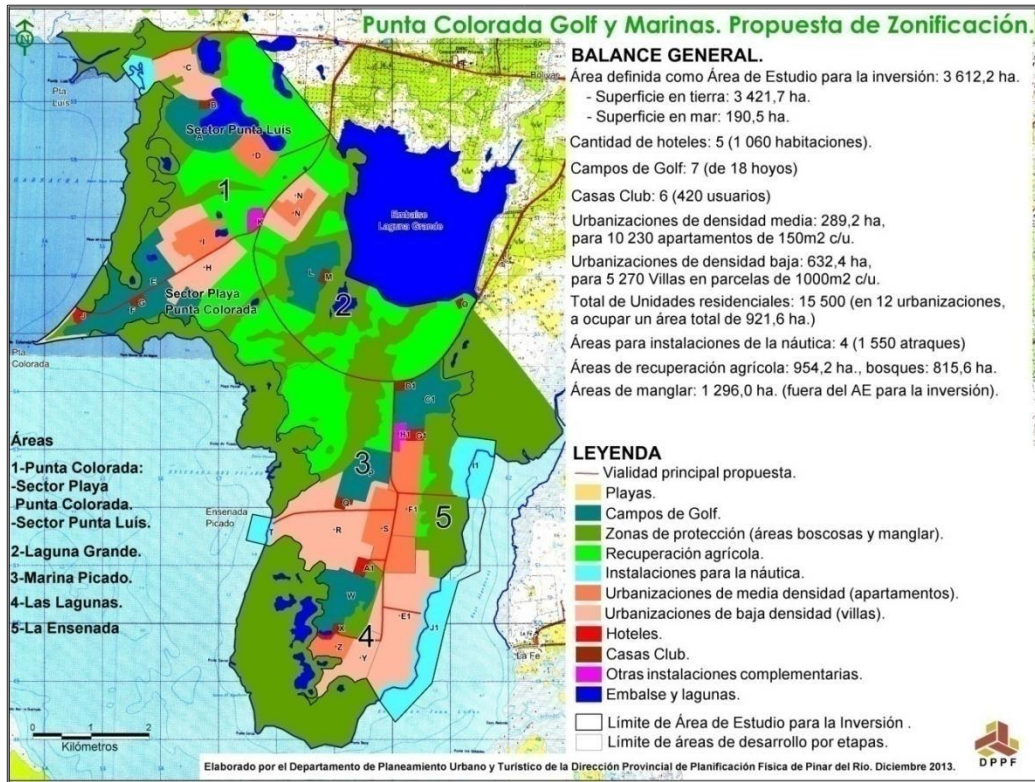


Figura IV. 6. Punta Colorada Golf y Marina. Propuesta de Zonificación.

La infraestructura vial, permite efectiva conectividad con todos los objetivos económicos, productivos, sociales y al sistema de asentamientos, vinculándose con el resto del país y en especial con su capital. Este megaproyecto contará con gran cantidad y variedad de obras de infraestructura y otras que precisarán de grandes volúmenes de materiales para rellenos técnicos con especificaciones muy variadas, tanto para obras de cimentación como para viales y campos de golf, que podrán ser localizados a partir del uso de las aplicaciones que ofrece el presente Catastro (Tabla 11, Figura IV. 7).

Tabla 11. Propiedades físico mecánicas de los préstamos propuestos para la obra Punta Colorada Golf y Marina.

NO. DE EXP.	NOMBRE DEL EXPEDIENTE	COORDENADAS		DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA							LÍMITES DE CONSISTENCIA				COND. NATURALES				PARÁMETRO S		PESO ESP.	PRÓCTOR ESTÁNDAR				PARÁMETROS ASOCIADOS				PRÓCTOR MODIFICADO				PARÁMETROS ASOCIADOS				CBR(%)				
		X	Y		SUCS	HRB	G	A	L	A _r	F	LL	LP	P	w	x ₁	x ₂	e	S	G _s	ω ₀	ω ₁	ω ₂	e	n	S	ω ₀	ω ₁	ω ₂	e	n	S	ω ₀	ω ₁	ω ₂	e	n	S	90	95	100				
S-167	Préstamo No. 2 Material de mejoramiento Escuela de Trastornos de la Conducta	179167	257634	Arena arcillo-gravosa	SC	A-2	42	44	5	10	15	28	18	10	12.00	23.2	21.5	0.23	92	2.64	10.37	20.99	19.02	0.39	20	72.52	8.0	23.2	21.5	0.23	19.0	87	10	35	56										
S-167	Préstamo No. 2 Material de mejoramiento Escuela de Trastornos de la Conducta	179167	257634	Arcilla con gravas de cuarzo (Arena arcillosa)	SC	A-2	12	52	12	24	36	32	15	17	11.00	22.6	20.4	0.3	97	2.66	13.56	20.5	18.05	0.47	32	76.9	11.0	22.6	20.4	0.3	23.0	97													
S-166	Préstamo No. 1 (Relleno) Ferrocarril Isabel Rubio	179200	263200	Arcilla carbonatada con fragmentos y gravas de calizas.	CL	A-6 y A-7	17	32	23	28	51	39	16	23	9.00					2.74	13.56	20.8	18.31	0.467	32	79.28	11.0	22.9	20.7	0.29	22.0	84	1	2	3										
S-166	Préstamo No. 1 (Relleno) Ferrocarril Isabel Rubio	179200	263200	Arcilla plástica de color amarillo	CH	A-7	6	27	25	42	67	53	17	36	12.00					2.77																									
S-166	Préstamo No. 1 (Relleno) Ferrocarril Isabel Rubio	179200	263200	Arcilla arenosa alagada	CL	A-7	1	59	6	32	40	41	17	24	6.00					2.68	19.16	19.72	18.54	0.62	38	63	15.0	21.3	18.7	0.43	30.0	93	3	6	6										
S-171	Préstamo No. 6 Canal Alcatraz Grande Las Martinas	176860	250250	Arena cuarzosa de grano fino	SM		0	95	2	3	5							19.00	14.00	2.68																									
S-171	Préstamo No. 6 Canal Alcatraz Grande Las Martinas	176860	250250	Arcilla de colores rojo, naranja y amarillo	CL		2	55	11	32	43	41	19	22	15.00					2.72	22.00	22.77	18.67	0.46	32	73	17.0	21.1	18.00	0.51	34.0	91													
M-84	Pica Las Clavelinas	156600	273400		SM-SW	A-1 a A-2	34	54	9	3	12	NP							0.31	74	2.66	11.52	21.22	19.03	0.4	29	74	8.52	22.06	20.33	0.48														
M-60	Préstamo de Relleno No.2 Bolívar-Mantua	159150	267500	Arena arcillosa	SC	A-6	10	50	15	19	34	37	18	19	11.00					2.69	13.56	19.16	16.9	0.59	37	62	11.0	21.2	19.1	0.4	29	74	4	14	18										
M-56	Préstamo No. 1 para la Carretera Bolívar-Mantua	158500	267500	Arena arcillosa con grava	SC	A-6	15	46	16	20	39	33	15	16	15.00					2.7	13.65	17.39	15.3	0.76	43	48	11.0	22.1	19.9	0.34	25	85	3	7	10										

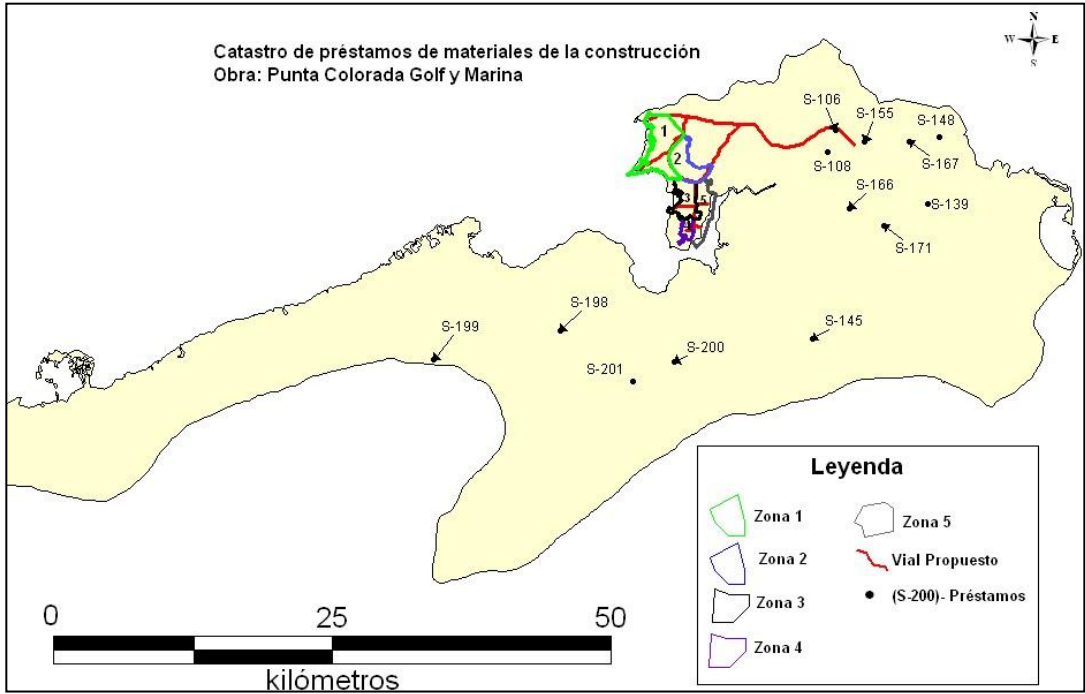


Figura IV.7. Catastro de materiales de la construcción que muestra los préstamos más cercanos en el municipio, con posibilidades de uso, en el objeto de obra.

Actualmente se trabaja en la conformación del proyecto para la solución de los problemas de drenaje de la carretera Isabel Rubio–Guane con el objetivo de mantener la comunicación entre el poblado de Isabel Rubio y el asentamiento de Surí, en el Consejo Popular de Guane, ya que en época de intensas lluvias son muy comunes en esta zona las inundaciones producto a la influencia de sistema de lagunas y ciénagas conocidas como El Bagazal, a lo que se añade el remanso de las aguas del río Cuyaguatije que, cuando se

sobredimensiona en su cuenca, aporta un gran volumen de agua a estos ecosistemas que se encuentran en una zona baja. Por esta razón se propone aumentar la cota de la rasante, además construir un vial asfaltado en el Km 9 de la carretera Guane-Mantua para desviar el tráfico durante el período constructivo.

Las carreteras a intervenir como objetos de obra de la inversión que se evalúa se localizan hacia la porción occidental de la provincia de Pinar del Río, dentro de los municipios de Guane y Mantua (Figura IV.8). Las coordenadas Lambert en Sistema Cuba Norte de los puntos extremos de dichos objetos de obra se presentan en la Tabla 12:

Tabla 12. Coordenadas Lambert de los objetos de obra del proyecto.

Objeto de obra	X _{INICIAL}	X _{FINAL}	Y _{INICIAL}	Y _{FINAL}	Hojas 1:25000
Tramo Isabel Rubio-Guane	180550	181050	263250	264550	3382-II-b y 3444-II-c
Desvío Martí-km 9 carrt. Guane-Mantua	176325	173275	260775	266875	3382-II-a y 3382-I-d

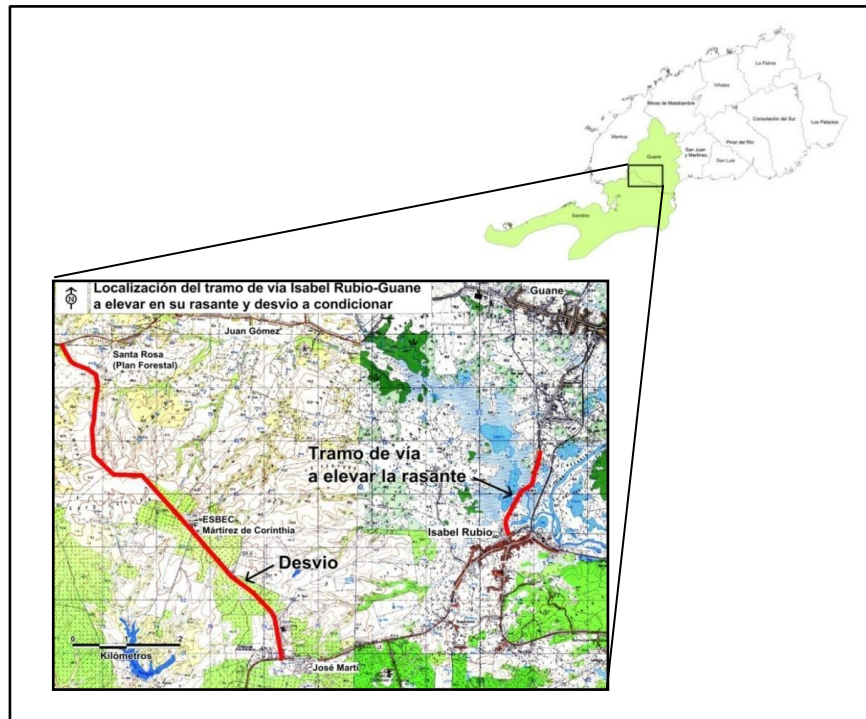


Figura IV.8. Localización de los objetos de obra del proyecto.

En las fotos que se presentan en la Figura IV.8 se observa una vista de la carretera Guane a Mantua desde el puente sobre el río Guasimal (izquierda) y una vista del terraplén que se aprovechará para la construcción del desvío.



Figura IV.9: Vista de la carretera desde el puente y terraplén por donde se construirá el desvío.

Tramo Isabel Rubio-Guane

Es el segmento inicial de la carretera Isabel Rubio-Guane-Mantua. Se pretende levantar la rasante de este tramo de vía hasta una cota máxima de 9,90 m, coincidente con el puente existente, el cual, según referencias recogidas, nunca ha sido sobrepasado por las inundaciones, teniéndose que rellenar por las diferentes cotas de este tramo de vial existente un espesor máximo de 2,50 m de material rocoso, macadam y arcilla arenosa (Figura IV.10). Este tramo de vía tiene su punto inicial a 250 m del parque del poblado de Isabel Rubio y, según las condiciones del terreno y la topografía del lugar, se clasifica como ondulado.

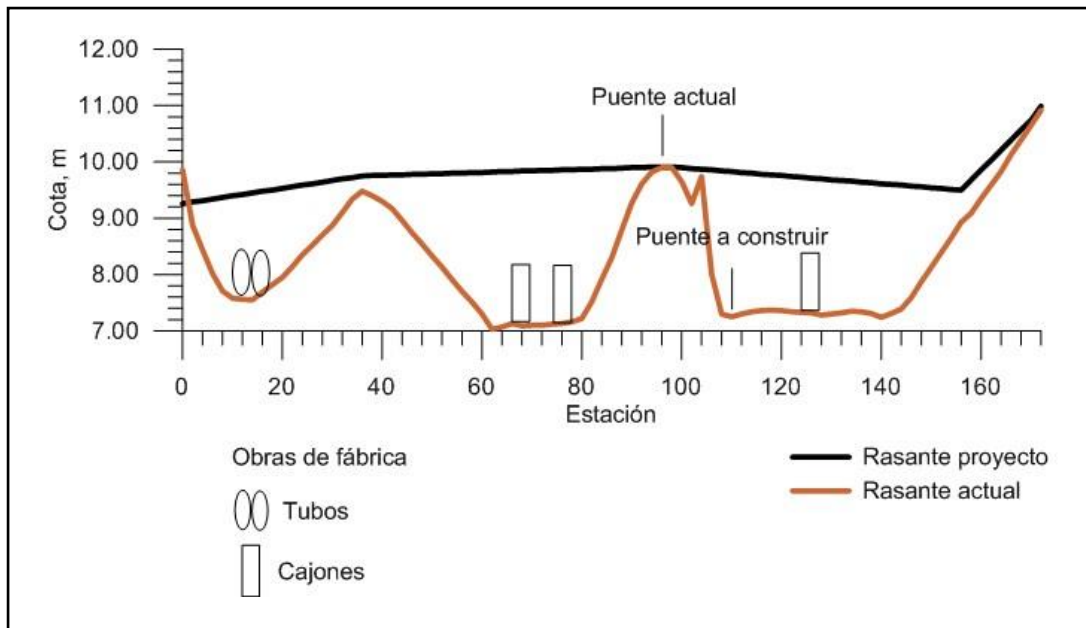


Figura IV.10. Perfil longitudinal del tramo Isabel Rubio - Guane

Los volúmenes de movimiento de tierra previstos son:

- ✓ Terraplén total: 36 338,00 m³
- ✓ Excavación en faja en tierra: 1 226,00 m³
- ✓ Perfilado de taludes: 17 563,00 m²
- ✓ Excavación en cuneta: 366,00 m³
- ✓ Material rocoso: 3 500,00 m³
- ✓ Mejoramiento: 5 720,00 m³
- ✓ Macadam por penetración: 10 400,00 m²
- ✓ Hormigón asfáltico grueso: 10 400,00 m²
- ✓ Hormigón asfáltico fino: 10 400,00 m²

Los materiales para el mejoramiento se proponen que sean del préstamo ya estudiado en la zona de Veinte de Mayo, carretera Guane-Mantua, teniendo en cuenta que el mismo cumple con las descripciones del proyecto. Otros materiales necesarios son los materiales de relleno para levante del terraplén, para lo cual se recomienda usar los materiales de destape del préstamo de mejoramiento, y otros como macadam por penetración, que serán de la cantera Reinaldo Mora de Consolación del Sur.

representados en el catastro, por ser la capital provincial la que ha tenido mayor desarrollo constructivo.

- En el área de estudio predominan los materiales A-2 según la clasificación por el HRB; se describen como una mezcla mal proporcionada de grava, arena, limo y arcilla, contienen material fino (limo y arcilla). Su comportamiento como terreno de fundación es de bueno a excelente, subbase regular, base mal a regular, y en terraplenes regular a bueno.
- En la provincia se han estado llevando a cabo diferentes obras, a las que con la ayuda del catastro se ha podido dar repuesta en un mínimo de tiempo a proyectistas e inversionistas interesados.

CONCLUSIONES

1. Con la elaboración del catastro digital de préstamos de materiales de la construcción de la provincia de Pinar del Río se ha logrado una mejor gestión de los recursos minerales, incorporándolos a nuevos proyectos. El mismo permite acceder a la ubicación geográfica e información geotécnica de 162 préstamos en la provincia de Pinar del Río.
2. El procedimiento desarrollado para la confección del catastro de préstamo de materiales de la construcción en la provincia de Pinar del Río, propició integrar las propiedades físico-mecánicas de los suelos y rocas, en una base de datos que permite su actualización sistemática y continua, con el objetivo de contar con una herramienta que facilite y agilice la localización y estudio de materiales para explanaciones.
3. Los préstamos predominantemente corresponden a materiales arcillo arenosos, los que fundamentalmente se pueden emplear en obras de tierra (cierre de presas), obras lineales (relleno o capa de levante en carreteras y explanaciones) y como materiales de construcción en las estabilizaciones suelo-suelo, estabilizaciones mecánicas, o suelo-cemento y suelo-cal así como en la industria de la cerámica roja.
4. La información tabulada y editada en plataforma de sistema de información geográfica, permite seleccionar, mediante el uso del lenguaje de realización de consultas (SQL), los préstamos más factibles a explotar de acuerdo al material necesario y a la distancia a la que se encuentran respecto al objeto de obra.

RECOMENDACIONES

- Entregar a los organismos competentes los resultados de este trabajo para que sean empleados en la planificación física del territorio y así evitar la explotación indebida e irracional de préstamos de materiales de la construcción que se está llevando a cabo en la provincia de Pinar del Río.
- Entregar al Departamento de Inteligencia Empresarial de la Unidad de Investigaciones para la construcción los resultados obtenidos en esta investigación, para que sean distribuidos a las diferentes Unidades de Investigaciones para la Construcción de la ENIA en todo el país con vistas a perfeccionar y ampliar esta herramienta en otras provincias.
- Actualizar sistemáticamente la base de datos que contiene el catastro de préstamos de materiales de la construcción, para mantener sostenidamente el valor de uso de esta herramienta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AbdoSaeed M. Al-Hamary, (2004), Manejo Integral de los Préstamos y Canteras del municipio Minas de Matahambre, Tesis de maestría, Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca, Pinar del Río, Cuba, 82 p
- Aguado, V. N., 1994. Esquema Ingeniero Geológico a Escala 1:10 000 de Consolación del Sur Y áreas aledañas.
- AIME, 2009. Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador.
<http://www.aimecuador.org>
- Astajov, K., Solianik, V., Vasiliev, V., Martínez, D., Fernández, R., Oubiña, J., Dimidov, S., Santamaría, Z., 1981. Levantamiento a escala 1: 50 000 Pinar Noroeste. C.N.F.G., Pinar del Río.
- Ayala F. J., 1988. Introducción a los Riesgos Geológicos. In Riesgos Geológicos. ITGE. 333 pp.
- Batista, R., González, D. y Herrera, F. (2011). Valoración a nivel municipal del potencial de Recursos Minerales para la industria de materiales de construcción en la República de Cuba, Evento de la Sociedad Cubana de Geología, Cuba.
- Martiz, M. y Di Yordio, C. (1999). “Beneficio por flotación de la MENA de grafito, Estado Cojedes, Venezuela”, Minería y Geología, Vol. XVI, No. 1, ISMM, Moa, Cuba, 38-49 p.
- Bustio, L.C., Informe ingeniero-geológico del complejo hidráulico Río Hondo. Archivo Técnico, ENIA. Pinar del Río, 1-35, 1988.
- Bitar, O.Y., Cerri, L.E.S. y Nakazawa, V.A., 1992. Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. En: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2., Pereira, 1992. Atas.v. 1, 35-41p.
- Costa, D. N., 1998. Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutorem Engenharia. Área de concentração: Engenharia de Transportes.
- Cabrera Bermúdez, J (2010) Introducción al Catastro Ingeniero-Geológico y Geoambiental de la Provincia de Pinar del Río. Aplicando Tecnología SIG. Tesis doctoral

- Colectivo de Autores (1972), Diseño de Presas Pequeñas. 624 p.
- Cobiella J. L., 1996. Estratigrafía y eventos jurásicos en la Cordillera de Guaniguanico, Cuba Occidental. Minería y Geología, Volumen 13, Número 3, pp 11-25.
- Cobiella J. L., 2000. Jurassic and Cretaceous Geologic History of Cuba. International Geology Review, Vol 42, Number 7, 594-616 p.
- Colectivo de autores., 1989. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba
- Curso sobre últimos Avances en Ingeniería Geotécnica, (2000)
- Cueto (1995), Informe “Situación actual de los préstamos y canteras del municipio Consolación del Sur”.
- Delgado Martínez, D. E. (2003). Estudio del comportamiento de los suelos cohesivos con problemas especiales de inestabilidad volumétrica y sus soluciones ingenieriles. Tesis doctoral. Dpto. Ing. Civil, Fac. Construcciones, Univ. Central Marta Abreu de Las Villas.
- De las Cuevas Toraya, J.C. (2001): 500 Años de Construcción en Cuba. Centro de Información de la Construcción. 535 p.
- Iturralde-Vinent, M. 1998. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. En Melgarejo J.C. y Proenza J.A., Geología y Metalogénia de Cuba: Una introducción. ActaGeológicaHispanica vol. 33, no. 1-4, p. 9-56
- Franco, A. y Guillermo, A., 1993. Léxicoestratigráfico de Cuba.
- Fonticoba et al. (2011), Sarmiento, C. J.A., De la torres T. P. y Quintans G. M. 2001. Informe geoambiental y de condiciones ingeniero-geológicas del pueblo de Sandino a escala 1: 2000. Informetécnico. Archivo ENIA Pinar del Río.
- Franco Álvarez, G. L. (Resp. tema) (1994). Léxico estratigráfico de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología.
- Fuentes Sardiñas, R. I. (2014). Propuesta de Planes de Manejo para la Rehabilitación de Canteras. Estudios de Casos: Cantera Zamora, Matanzas. Tesis doctoral, Matanzas Cuba.
- García, D., Gil, S., Delgado, R., Millán, G., Peñalver, L., Cabrera, M., Denis, R., Chang, J. L., Fuentes, M., Díaz, C., Suárez, V., Llanes, A.I, Pérez, R., Torres, M., Pérez, C.,

- Díaz, L., 2003: Mapa geológico de la provincia de Pinar del Río a escala 1: 100 000 en base digital.
- García et al. (2014), Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Drenaje carretera Isabel Rubio-Guane. 80 p
- González de Vallejo, L.I., (2002) Ingeniería Geológica Editorial Pearson Educación Madrid. 620 p.
- Gavilanes, H; (2009) Parámetros geotécnicos y estabilidad de taludes. Asociación de Ingenieros de Minas de Ecuador (AIME) 35 p.
- Govea, Blanco, D, (2012) Caracterización de Zonas de Préstamos.
- Govea et al (2013) Solicitud de Datos de Préstamos y Canteras de los municipios de Pinar del Río.
- Jiménez Salas. J., 2000. Geotecnia y Cimientos II. Mecánica del Suelo y de la Roca.
- Juárez. E., Rico. A. Tomado de la Edición de 1967, a). Mecánica de Suelos. Tomo II. Ediciones R. La Habana. 552 páginas.
- Juárez Badillo & Rico Rodríguez (1969). Mecánica de suelos. Tomo III. pág. Apéndice IV, 404p.
- Khudoley, K.M., 1967. Principal features of Cuban Geology. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 51 (5): 668-677, Tulsa.
- Léxico de la Construcción (Colectivo de autores, 1973).
- Leyva, R., Lueges, A., Orozco M., Díaz M. Potencialidades existentes en el municipio de Moa en Materias Primas para la Construcción, Evento de la Sociedad Cubana de Geología, Habana. 2 p.
- López Fonseca, (2009), P Evaluación de las potencialidades tecnológicas y de uso de los préstamos y canteras ubicados en el sector sur del municipio de Pinar del Río. Tesis de Grado, Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca, Pinar del Río, Cuba, 64 p.
- Martínez, D., Fernández de Lara, R., Peláez, R., Vásquez, M., Barrios, E., Valido, A., Reinoso, R., Chang, J.C., Fernández, O, Denis, R., Gómez, L., García, D., Gil, S., Pérez, P. H., Reyes, R., Valdivia, M.; Núñez, R., Pérez, R. y Piz, J. 1991. Informe Sobre los Resultados del Levantamiento Geológico y Búsqueda Acompañante a escala 1: 50 000 en la parte Central de la Provincia de Pinar del Río. ONRM, La Habana, Cuba.

- Martínez, D., Fernández de Lara, R., Pelaez, R., Vázquez, M., Barrios, E., Valido, A., Reinoso, R., Chang, J.C., Fernández, O., Denis, R., Gómez, L., García, D., Gil, S., Pérez, P.H., Reyes, R., Valdivia, M., Núñez, R., Pérez, R. y. Piz, J., (1994). Informe sobre los resultados del Levantamiento Geológico y Prospección a Escala 1: 50 000 Pinar – Habana. Arch. ONRM.
- Martínez. Rafael., 2011. a) Geomecánica. Primera Parte. Editorial Universitaria. (EDUNIV-MES). 128 p.
- Martínez. Rafael., 2011. b) Geomecánica. Segunda Parte. Editorial Universitaria. (EDUNIVMES). 106 p
- Martínez. Rafael., 2011. c) Geomecánica. Tercera Parte. Editorial Universitaria. (EDUNIVMES). 102 p.
- Maury Angueira, VilaúUrquiaga, (2003), Informe Ingeniero Geológico Préstamo de Relleno para las Viviendas de Campo Alegre.
- Mohamed Awad, S, (2004), Gestión y manejo integral de los préstamos y canteras del municipio de Los Palacios. Tesis de maestría, Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca, Pinar del Río, Cuba, 92 p
- Moreno et al. (2009); Monitoreo Ambiental Yacimiento de Arena Guane I
- Moreno et al. (2010); Evaluación de Riesgos Arenas Guane
- Moreno y Díaz (2010); Solicitud de Licencia Ambiental Préstamo El Naranjito La Palma.
- Moreno y Díaz (2011), Proyecto de Rehabilitación Yacimiento de Cerámica Roja.
- NC 334-2004: Carretera. Pavimentos Flexibles. Método de cálculo
- NC-161-2002, Base, Subase, Calizas Blandas.
- Ordaz, A, (2014). Evaluación de las condiciones ingeniero-geológicas para el pronóstico de la respuesta dinámica de los suelos. caso de estudio: ciudad de San Cristóbal, Cuba occidental. Tesis doctoral, UPR, 1-120 p.
- Ponce *et al.* (2011), Rocas y Minerales Benefactores del Medio Ambiente en la Gestión Ambiental, Evento de la Sociedad Cubana de geología, Habana, 1-2).
- Pszczolkowski, A., 1975. Texto explicativo al Mapa Geológico escala 1: 250 000. De la provincia de Pinar del Río. IGP . ACC. La Habana.
- Pszczolkowski, A., 1987. Secuencias miogeosinclinales de la Cordillera de Guaniguanico: su litoestratigrafía, desarrollo de facies y paleogeografía. Contribución a la geología de

- la provincia de Pinar del Río, Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana, pp. 5-84.
- Rodríguez, S (2010) El Catastro Minero No Metálico y el Desarrollo de la Minería – IAMIB, 3p.
- Regulación Constructiva RC 3013 del 2013
- Rosa, C., 2014. Estudio Ingeniero Geológico Vial de Acceso a Santa Lucía Castellanos.
- Sowers, G. B & G. F. Sowers (1987). Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Primera parte. (Tomado de Ed. Limusa-Wiley, 1972). Ed. Revolucionaria, La Habana, 320 p.
- Suárez, O. (1994). Informe “Situación actual de los préstamos y canteras del municipio Pinar del Río”, 22 p.
- Suárez, O. (1995) Informe “Situación actual de los préstamos y canteras del municipio Pinar del Río”, 22 p.
- Souza, N.C.D.C., 1992. Mapeamento geotécnico regional da Folha de Aguaí: com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração. Dissertação (Mestrado) EESC/USP, São Carlos. 2v.
- Valles R,R (1975), Carreteras Calles y Aeropistas, Científico Técnica, Cuba, 399 p.
- Valdés, A.M, Mapa de Documentación de Préstamos, Canteras y Yacimientos Minerales, Minas de Matahambre.
- file:///H:/basededatos.htm

Anexos Gráficos

Anexo No 1: Catastro digital para la gestión de préstamos de materiales de la construcción para la provincia de Pinar del Río.

