



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

## Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UMP-002-P

# CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LOS SUELOS DE COSTA RICA

Preparado por:  
Unidad de Materiales y Pavimentos

San José, Costa Rica  
Febrero, 2013

Información técnica del documento

<b>1. Informe</b> LM-PI-UMP-002-P		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LOS SUELOS DE COSTA RICA		<b>4. Fecha del Informe</b> Febrero, 2013
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b>		
<b>9. Resumen</b> En Costa Rica, la variación de suelos entre distintas ubicaciones a lo largo del país es alta. Esto se debe a que la composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo que ha estado sometido a la meteorización, por la topografía, y otros factores. Por tanto, el conocimiento del tipo del suelo que funcionará como cimentación de un proyecto es de gran importancia para la ejecución de una carretera o cualquier otra obra civil. Para conocer adecuadamente la capacidad del suelo, se debe iniciar por identificar el tipo de suelo. Aunque un simple examen visual brinda información valiosa, se debe completar la caracterización con un examen más detallado de las propiedades del suelo, con el fin de identificar los problemas y deficiencias asociadas al mismo.		
<b>10. Palabras clave</b> Suelos, Propiedades, Físico-Químico	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 17
<b>13. Preparado por:</b> Ing. Tania Ávila Esquivel Investigador  Fecha: 05/02/13	Ing. Gustavo Badilla Vargas Investigador  Fecha: 05/02/2013	Téc. Ernesto Villegas Investigador  Fecha: 5/2/13
Quim. Jorge Salazar Delgado Investigador  Fecha: 05/02/13	<b>14. Revisado por:</b> Ing. José Pablo Aguiar, Ph.D. Coordinador Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 05/02/13	<b>15. Aprobado por:</b> Ing. Guillermo Loria Salazar, Ph. D. Coordinador General PITRA  Fecha: 5/2/13



## TABLA DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1 Objetivo General.....	5
1.2 Objetivos Específicos .....	5
1.3 Antecedentes.....	5
1.4 Justificación .....	6
1.5 Marco Teórico.....	6
1.5.1 Génesis de los suelos de Costa Rica .....	6
1.5.2 Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS) .....	8
1.5.3 Ensayos de laboratorio para la caracterización física .....	10
1.5.4 Ensayos de laboratorio para la caracterización química.....	10
<b>2 METODOLOGÍA PROPUESTA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Investigación bibliográfica.....	13
2.2 Muestreo de suelos en puntos estratégicos de Costa Rica.....	13
2.3 Ensayos de laboratorio .....	14
2.4 Resultados obtenidos y elaboración de un mapa.....	14
2.5 Elaboración de Informes, Publicaciones, Manuales y Productos .....	15
<b>3 RESULTADOS / PRODUCTOS ESPERADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>16</b>
<b>6 RECURSOS NECESARIOS .....</b>	<b>17</b>
<b>7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>17</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Simbología de los tipos de suelo.....	8
Figura 2. Carta de Plasticidad de Casagrande.....	9
Figura 3. Esquema Metodológico.....	13

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tipos de suelo que aparecen en la carta de plasticidad .....	9
Tabla 2. Cantidad de ensayos a realizar por muestra de suelo.....	14
Tabla 3. Responsables del proyecto de investigación.....	16
Tabla 4. Administración, transporte de materiales y ponencias (US\$) .....	17
Tabla 5. Descripción de los ensayos de campo a realizar.....	17

## 1 INTRODUCCIÓN

Costa Rica es un país con gran variedad de climas, litologías y condiciones topográficas, lo que genera que en un territorio relativamente pequeño se encuentre una gran variedad de suelos, algunos de ellos con condiciones geotécnicas que dificultan la construcción de cualquier tipo de infraestructura.

Este proyecto busca generar información de interés para el ingeniero civil, en la forma de un mapa de suelos que permita al ingeniero interpretar los tipos de suelo que se pueden esperar en distintas zonas del país, basado tanto en ensayos de caracterización clásicos, así como en ensayos avanzados de caracterización de materiales, con la intención que estas nuevas técnicas remuevan toda la subjetividad asociada a los métodos convencionales.

### 1.1 Objetivo General

Caracterizar física y químicamente los suelos que potencialmente se podrán usar como subrasante en las carreteras de Costa Rica.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas de los suelos que potencialmente se podrán usar como subrasante en las carreteras de Costa Rica mediante ensayos de laboratorio.
- Determinar las características químicas de los suelos que potencialmente se podrán usar como subrasante en las carreteras de Costa Rica mediante ensayos de laboratorio.
- Generar una base de datos y mapa de zonificación que clasifique los suelos de acuerdo a la caracterización físico-química del material.

### 1.3 Antecedentes

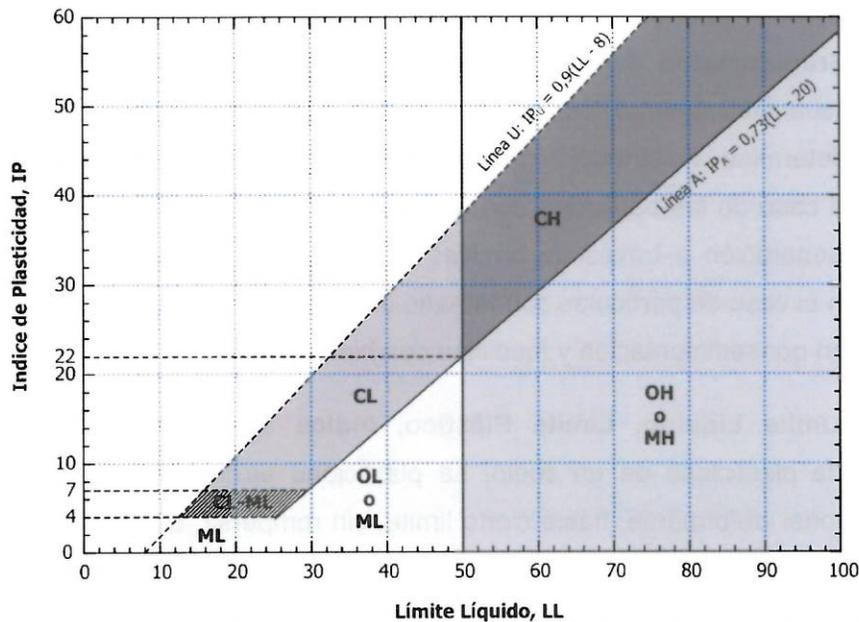
Investigación previa (Bogantes et al., 2000) ha buscado desarrollar un mapa de zonificación general de suelos para el país, sin embargo el mapa que se desea realizar es una zonificación basada en características físico-químicas, con el fin de caracterizar adecuadamente los suelos que podrían ser subrasantes para carreteras, brindando la información técnica necesaria para este fin.

Informe LM-PI-UMP-002-P	Fecha de emisión: 01 de Febrero del 2013	Página 5 de 18
-------------------------	--	----------------

lugar al desarrollo de perfiles de suelos con espesores importantes. Los tipos de rocas y algunos factores externos, como el clima y las condiciones de drenaje condicionan la formación de suelos.

La presencia del mineral halloysita usualmente contenido en los andosoles y por otra parte los denominados latosoles, según nomenclatura taxonómica, dan lugar a importantes cambios de comportamiento físico-mecánico, que deben considerarse en los análisis geotécnicos. Los tipos de suelo que comúnmente presentan problemas en el Valle Central, cabeceras de provincia y otros sectores en donde existen proyectos de ingeniería importantes son:

- Arcillas de alta expansividad: se trata de suelos transportados o residuales, típicamente de color negro, café amarillento, gris oscuro o claro a veces conocido como sonsocuitles. Pueden originarse ya sea por la depositación, en áreas bajas, de materiales principalmente orgánicos, producto de la erosión y transporte desde sectores escarpados aledaños, o por la descomposición meteórica y actividad orgánica de suelos piroclásticos.
- Limos de baja resistencia: su origen está asociado con la alteración de materiales piroclásticos bajo condiciones de alta pluviosidad. Considerando que no se dispone de suficiente información, dentro de esta categoría se pueden incluir en forma indiferenciada, varios tipos de limos que presentan en general baja resistencia, pero cuya formación y comportamiento pueden diferir. Entre ellos los limos colapsables.
- Suelos granulares finos de baja densidad: este tipo de suelo está asociado principalmente a depósitos marinos, aluviales y eólicos, cuyos procesos de transporte los han dispuesto en alternancias de capas de arenas finas, mal graduadas, de baja densidad, que combinadas con niveles freáticos cercanos a la superficie y bajo condiciones de sismicidad, pueden perder su resistencia y causar daños a obras existentes.
- Suelos tixotrópicos: existen en Costa Rica limos y arcillas cuyo comportamiento geotécnico se afecta por vibraciones de diferente índole. La razón de este comportamiento se debe a la sensibilidad del suelo (tixotropía), la generación de presión de poro o a la combinación de ambos fenómenos.



**Figura 2.** Carta de Plasticidad de Casagrande

Fuente. ASTM D 2487 (2006)

En la Tabla 1 se muestra una descripción de los tipos de suelo indicados por la carta de plasticidad.

**Tabla 1.** Descripción de los tipos de suelo que conforman la carta de plasticidad

Tipo de suelo	Descripción
<b>ML</b>	limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con baja plasticidad
<b>CL</b>	arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras
<b>OL</b>	limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
<b>MH</b>	limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos, limos elásticos de alta plasticidad
<b>CH</b>	arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
<b>OH</b>	arcillas/limos orgánicas de plasticidad media a alta
<b>CL-ML</b>	limo arcilloso/arcilla limosa de baja plasticidad

Fuente. ASTM D 2487 (2006)

Informe LM-PI-UMP-002-P	Fecha de emisión: 01 de Febrero del 2013	Página 9 de 18
-------------------------	--	----------------



Los equipos TGA proporcionan parámetros de masa de la muestra inicial, masa final, temperatura inicial, temperatura final y otros. Debido a que muchas curvas de cambio de peso contra cambio de temperatura son muy similares, la curva de pérdida de peso puede requerir una transformación previa a la interpretación de resultados. La derivada de la curva de pérdida de peso ( $\delta m/\delta T$ ), se puede utilizar para analizar los puntos críticos de la curva.

**Difracción con rayos X:** El ensayo tiene como objetivo encontrar datos tanto cualitativos como cuantitativos sobre la composición mineralógica de rocas y materias primas. Los rayos X interactúan con los electrones que rodean los átomos que tengan una longitud de onda del mismo orden de magnitud que el radio atómico. El haz de rayos X emergente tras esta interacción contiene información sobre la posición y tipo de átomos encontrados en su camino. En un cristal, donde la disposición de los átomos o moléculas se repite periódicamente, los haces de rayos X dispersados elásticamente por los átomos en ciertas direcciones resultan amplificados gracias al fenómeno de interferencia constructiva, dando lugar a un patrón de difracción. Los rayos X difractados son interceptados por detectores y su intensidad y posición analizadas por medios matemáticos para obtener una representación de las moléculas del material estudiado a escala atómica.

**Prueba de pH del suelo:** El objetivo del ensayo es determinar si el suelo tiene una reacción ácida, alcalina o neutra. La medición se puede realizar mediante un pH-metro que por medio de un electrodo de vidrio sensible al ion hidronio, que se introduce en una solución preparada con una parte de mezcla de suelo y dos partes de agua destilada se obtiene una lectura directa del pH. Otra forma de obtener es mediante papel tornasol y los indicadores cromáticos.

**Calorimetría de barrido diferencial (DSC):** Es una técnica termo analítica que permite el estudio de aquellos procesos que producen variación entálpica, para así determinar propiedades características de la muestra como el calor específico, punto de ebullición, punto de fusión, pureza de compuestos cristalinos, entalpías de reacción, entre otros. Generalmente, el programa de temperatura para un análisis DSC es diseñado de tal modo que la temperatura del portador de muestra aumenta linealmente como función del tiempo. Determinando la diferencia de flujo calorífico entre la muestra y la referencia, los calorímetros DSC son capaces de medir la cantidad de calor absorbido o eliminado durante tales

Informe LM-PI-UMP-002-P	Fecha de emisión: 01 de Febrero del 2013	Página 11 de 18
-------------------------	--	-----------------

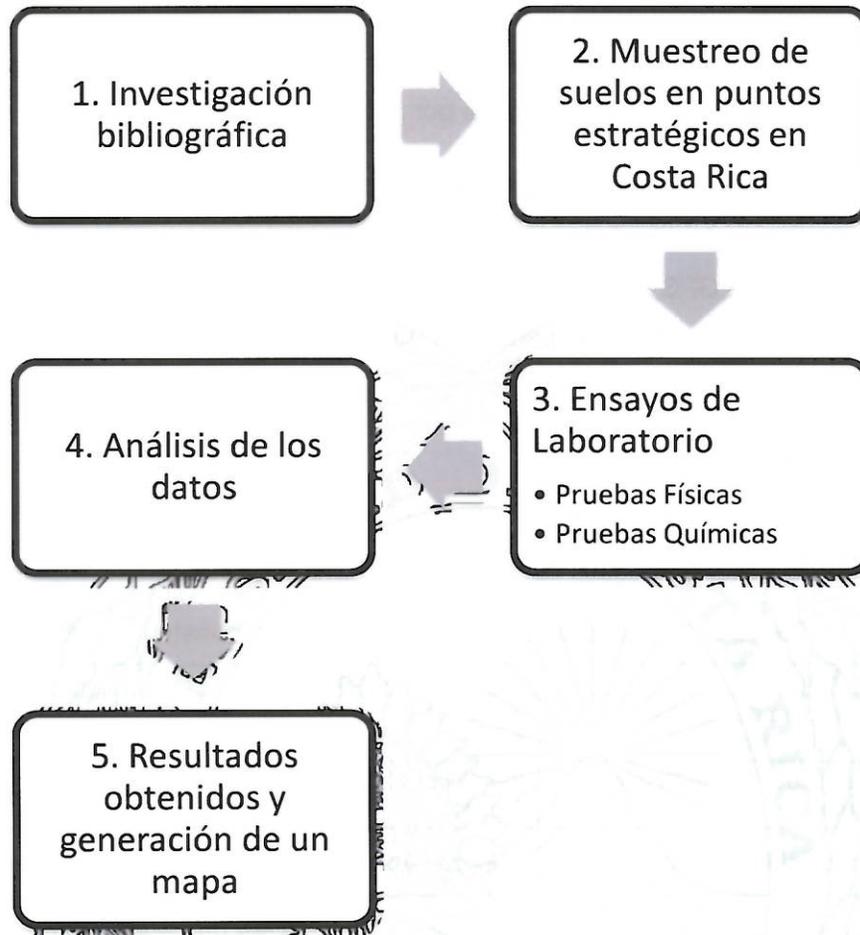


Figura 3. Esquema Metodológico

## 2.1 Investigación bibliográfica

En esta etapa se buscarán toda la información disponible con respecto a ensayos o pruebas a suelos que se hayan realizado previamente que cumplen la misma finalidad que tiene este trabajo. Esto con el objetivo de contar con toda la información disponible a la fecha y optimizar la realización de ensayos posteriormente.

## 2.2 Muestreo de suelos en puntos estratégicos de Costa Rica

Se seleccionarán puntos utilizando coordenadas geográficas para realizar muestreos en diferentes zonas del país en suelos cercanos a los corredores principales de la Red Vial

limitaciones existentes para que sean tomadas en cuenta en futuros proyectos de investigación.

## 2.5 Elaboración de Informes, Publicaciones, Manuales y Productos

En esta fase se elaborarán los informes parciales y/o finales del desarrollo del proyecto y se publicarán los resultados y demás productos que se puedan obtener de la investigación.

## 3 RESULTADOS / PRODUCTOS ESPERADOS

X	Artículo científico en revista indexada		Libro
	Artículo científico revista no indexada		Capítulo de libro
X	Artículo de divulgación		Especificaciones técnicas
X	Ponencias en congresos		Hardware
	Conferencias o seminarios		Software
	Patentes	X	Trabajos o proyectos de graduación
	Diseño de cursos	X	Nuevas metodologías
	Formación de la comunidad científica		

Generación de nuevo conocimiento: Científico y/o Académico

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Mapa de caracterización de suelos	Publicaciones	Ingenieros de suelos o pavimentos que necesiten analizar o diseñar estructuras de pavimentos o civiles

Impacto a nivel nacional en la comunidad científica

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Interacción con laboratorios y consultores	Trabajo conjunto	Grupo de investigación, laboratorios y consultores involucrado en el proyecto
Formación de jóvenes investigadores	Participación de asistentes de investigación	Investigadores que formarán parte del equipo involucrado en la investigación

Beneficios sociales y/o culturales

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Convenios de participación entre administradores, gobiernos locales, consultores, laboratorios, etc. en la aplicación de la metodología	Trabajo conjunto	Consultores, constructores, administradores, laboratorios e ingenieros relacionados con sector vial del país.

## 6 RECURSOS NECESARIOS

**Tabla 4.** Administración, transporte de materiales y ponencias (US\$)

Descripción	Justificación	Valor (\$)
Publicaciones	Recopilación de información, libros y publicaciones en revistas nacionales e internacionales requeridas para la ejecución del proyecto de investigación	500
Papelería, fotocopias, transportes y viáticos	Informes, publicaciones, documentación, transporte de muestras de ensayo, viáticos para elaboración o mediciones, etc.	2000
Participación en congresos	Presentación de los resultados en eventos nacionales y/o internacionales de relevancia	5.000
<b>Total (US\$)</b>		<b>7.500</b>

**Tabla 5.** Descripción de los ensayos de campo a realizar

Ensayo	Justificación	Cantidad
Muestreo de suelos en campo	Recolectar las muestras de suelo para análisis	1 muestra de suelo por punto (aprox.3Kg )

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D 422. (2007). *Método de prueba estándar para el análisis de tamaño de partículas de los suelos*. United States.

ASTM D 2487. (2011). *Práctica estándar para la clasificación de los suelos para propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)*. United States.

ASTM D 4318. (2010). *Métodos de prueba estándar para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos*. United States.

Bogantes, R., Laporte, G., Quesada, C. y Vásquez, A. (2002). *Zonificación geotécnica general de Costa Rica considerando elementos edáficos y climáticos*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Cordero, M., Jiménez, M., Laporte, G., Rodríguez, J., Sáenz, S., Tapia, M. & Valverde, M. (2009). *Código de Cimentaciones de Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Páginas de internet consultadas, disponibles a la fecha.

Informe LM-PI-UMP-002-P	Fecha de emisión: 01 de Febrero del 2013	Página 17 de 18
-------------------------	--	-----------------