

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10edespoct.0070>

ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO DE LA PROVINCIA DE MANABÍ

ZONING OF THE BEARING CAPACITY OF THE SOILS OF THE ANDRÉS DE VERA PARISH OF THE PORTOVIEJO CANTON OF THE PROVINCE OF MANABÍ

Espinel-García Edison Geovanny ^{1*}; Zambrano-Meza María Isabel ²

¹ Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.
Correo: edison.espinel@utm.edu.ec.

² Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.
Correo: m.zambrano@utm.edu.ec.

Resumen

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo en la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí y a su vez la elaboración de un mapa de zonificación de la capacidad portante de los suelos. La metodología empleada es de tipo mixta descriptiva y experimental donde se busca analizar y especificar de manera estadísticas las características físicas y químicas del suelo, apoyado en formulas empíricas de mecánica de suelos como lo es la de la capacidad de carga de Karl Terzaghi; apoyado en la caracterización de los suelos mediante ensayos granulométricos, límites de Atterberg y ensayos de densidad natural, ensayos que permitieron estimar los parámetros de carga del suelo de todo el área investigada. Según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se logró determinar los siguientes tipos de suelos: Limos de alta plasticidad (MH) y Limos de alta plasticidad con arena (MH); se han determinado 6 Zonas mediante cálculos y análisis estadísticos. Zona 1: 0,89 a 1,62, Zona 2: 1,63 a 2,34, Zona 3: 2,35 a 3,07, Zona 4: 3,08 a 3,80, Zona 5: 3,81 a 4,53 y Zona 6: 4,54 a 5,29; en lo que corresponde al CBR de campo y para el CBR de laboratorio Zona 1: 1,11 a 1,87, Zona 2: 1,88 a 2,64, Zona 3: 2,65 a 3,41, Zona 4: 3,42 a 4,18, Zona 5: 4,19 a 4,95 y Zona 6: 4,96 a 5,73; con una profundidad de -1.00 metros aplicada en ambos métodos.

Palabras clave: Ensayo de Penetración Estándar (SPT), Cono Dinámico de Penetración (DCP), Capacidad Portante del Suelo (CBR), Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Abstract

With the purpose of determining the bearing capacity of the soil in the Andrés de Vera parish of the Portoviejo canton of the province of Manabí and, in turn, the elaboration of a zoning map of the bearing capacity of the soils. The method used is of a mixed descriptive and experimental type where it is sought to analyze and specify the physical and chemical characteristics of the soil, supported by empirical formulas of soil mechanics such as that of Karl Terzaghi's load capacity; supported by the characterization of the soils through granulometric tests, Atterberg limits and natural density tests, tests that allowed the estimation of the soil load parameters of the entire investigated area. According to the unified soil classification system (SUCS), the following soil types were determined: High plasticity silt (MH) and High plasticity silt with sand (MH); six Zones have been determined through statistical calculations and analysis. Zone 1: 0,89 to 1,62, Zone 2: 1,63 to 2,34, Zone 3: 2,35 to 3,07, Zone 4: 3,08 to 3,80, Zone 5: 3,81 to 4,53 and Zone 6: 4,54 to 5,29; in what corresponds to the field CBR and for the laboratory CBR Zone 1: 1,11 to 1,87, Zone 2: 1,88 to 2,64, Zone 3: 2,65 to 3,41, Zone 4: 3,42 to 4,18, Zone 5: 4,19 to 4,95 and Zone 6: 4,96 to 5,73; with a depth of -1.00 meters applied in both methods.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 06 de julio de 2022.

Fecha de aceptación: 27 de septiembre de 2022.

Fecha de publicación: 14 de octubre de 2022.



1,87, Zone 2: 1,88 to 2,64, Zone 3: 2,65 to 3,41, Zone 4: 3,42 to 4,18, Zone 5: 4,19 to 4,95 and Zone 6: 4,96 to 5,73; with a depth of -1.00 meters applied in both methods.

Keywords: Standard Penetration Test (SPT), Dynamic Cone Penetrometer (DCP), California Bearing Ratio (CBR), Unified Soil Classification System (USCS).

1. Introducción

En la actualidad se sabe que los estudios de suelos son fundamentales para todo tipo de cimentación o cualquier tipo de obra de Ingeniería, ya que con un buen análisis del suelo se pueden evitar deformaciones o fallas que pueden presentarse en diferentes partes de la estructura que se ha construido o se tenga proyectada a futuro. (Mejía Vera, Gilces Delgado, Ortíz Hernández, & García Vines, 2020)

El comportamiento de cualquier proyecto vial ante las cargas del tráfico depende en gran medida de conocer la capacidad portante del suelo con fines constructivos donde será ejecutada. Además, es indispensable contar con esa información previo a la ejecución de un proyecto vial, para así poder detectar posibles fallas que están presentes en el suelo donde se ejecutará el proyecto. Conocer la capacidad portante y las características propias del suelo,

permite a profesionales relacionados con la cimentación o ejecución cualquier tipo de obra de ingeniería, definir el tipo de cimentación a implementarse, anticipar problemas que puedan se presentar a futuro.

El trabajo se desarrolló en la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí, donde se realizó de extracción de muestras mediante calicatas a cielo abierto, SPT y DCP, una vez obtenidas las muestras se procedió a realizar los análisis de laboratorio para conocer sus características sometiéndolas a ensayos en condiciones críticas, así mismo se analizaron las propiedades mecánicas del suelo con el fin de obtener los valores de CBR de cada ensayo y posteriormente la realización de una correlación entre los diferentes ensayos realizados.

2. Métodos

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto dado que se utilizó como principal medio la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico. La metodología utilizada esta dividida en las siguientes fases:

Fase I: Obtención y preparación de muestras.

- a. Realización SPT y obtención de muestras en el área de estudio.
- b. Aplicación del dispositivo DCP en el área de estudio.
- c. Realización de calicatas a cielo abierto y obtención de muestras en el área de estudio

Fase II: Elaboración de ensayos de laboratorio.

- a. Humedad natural.
- b. Granulometría.
- c. Límites de Atterberg.
- d. Densidad Máxima Seca.
- e. Determinación de los valores de CBR.

Fase III: Análisis de resultados.

- a. Elaboración de análisis mediante cuadros estadísticos.
- b. Aplicación de las correlaciones para la obtención del CBR.

Fase IV: Elaboración de Mapa de zonificación.

- a. Identificación del CBR de la parroquia Andrés de Vera.
- b. Identificación de zonas en función del CBR.

Debido a que no existe un medio de información detallada sobre la capacidad portante de los suelos de la Parroquia Andrés de Vera, este estudio se convirtió en un método de evaluación para identificar fallas potenciales y poder dar unas soluciones adecuadas según el tipo de cimentación u obra civil a realizarse.

3. Desarrollo

Calicatas a cielo abierto: La realización de este ensayo se la realiza mediante la excavación y extracción del material en la cota deseada, la cantidad de la muestra dependerá de la granulometría del

material y del tipo de ensayos a realizarse.

Las muestras de suelo pueden obtenerse de dos formas:

- **Muestras alteradas:** No reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo.
- **Muestras no alteradas:** Reflejan exactamente como se

encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo.

Una vez se obtienen las muestras en campo se proceden a realizar los ensayos de laboratorio correspondientes Límites de Atterberg, caracterización del suelo mediante ASSHTO y SUCS de las muestras, ensayo de compactación y obtención del CBR como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Características Físico-Mecánicas del suelo del Sondeo 35

Muestra	Límites de Atterberg				Clasificación del Suelo		Compactación		CBR de Laboratorio
	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	Humedad Natural (%)	AASHTO	SUCS	Humedad Óptima (%)	Y _{máx} (kg/m ³)	CBR al 95%
0.00 – 0.50	52,69	34,34	18,35	38,25	A-7-5	MH	21,10	1567,2	2,61
0.50 – 1.00	53,74	32,83	20,91	44,51	A-7-5	MH			
Promedio	53,22	33,59	19,63	41,38	A-7-5	MH			

Fuente: Edison Espinel (2022).

Una vez realizado el análisis de las muestras en laboratorio en la Tabla 2 se muestra el resumen de los resultados obtenido en laboratorio

para todos los sondeos realizados en la zona urbana de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí.

Tabla 2: Resumen de Resultados para todos los sondeos

Sondeos	Densidad Seca Máxima (kg/m ³)	CBR al 95%
1	1556,26	2,56
2	1575,32	2,49
3	1560,67	2,74
4	1598,13	2,49
5	1631,05	2,61
6	1616,37	2,62
7	1568,45	2,47
8	1573,12	2,12
9	1539,03	2,05
10	1587,60	2,15

11	1553,81	2,30
12	1537,87	2,47
13	1547,30	2,02
14	1560,81	2,82
15	1475,06	1,37
16	1494,31	1,64
17	1488,66	1,11
18	1502,93	1,92
19	1461,48	1,55
20	1446,04	1,99
21	1455,06	1,49
22	1493,06	1,82
23	1551,89	1,60
24	1441,34	1,50
25	1451,81	1,17
26	1410,32	1,28
27	1497,45	2,16
28	1602,24	3,70
29	1594,15	3,52
30	1624,62	4,35
31	1645,04	3,20
32	1574,72	4,38
33	1606,92	3,27
34	1567,92	2,93
35	1567,20	2,61
36	1617,70	3,62
37	1640,34	2,40
38	1526,44	3,34
39	1562,72	4,27
40	1606,88	5,72

Fuente: Edison Espinel (2022).

SPT (Ensayo de Penetración Estándar): Según UNE-EN ISO 22476-3:2006 indica que el ensayo de penetración estándar (SPT) tiene como objetivo valorar la resistencia de los suelos a la penetración dinámica de un tomamuestras tubular partido (cuchara partida) y la recuperación de muestras alteradas con propósitos de identificación de sus características.

Este ensayo se lo utilizó para realizar una correlación entre el número de golpes obtenidos in situ hasta descender a la cota deseada y el valor de CBR obtenido de las Calicatas.

Tabla 3: Correlación del SPT a CBR

TRAMO DE ESTUDIO (m)	No. GOLPES	N-SPT	CBR (%) Correlación N-SPT
0.00 - 0.50	16	12	3.27
0.50 - 1.00	21	15.75	3.55

Fuente: Edison Espinel (2022).

$$NSpt = n1 * n2 * n3 * n4$$

$$CBR(\%) = 0.0739 * Nspt + 2.386$$

Los datos de (n) obedecen a equipos normados y calibrados.

Para los sondeos realizados con el SPT se lo realizó en la misma zona donde se extrajo la muestra para la realización de la calicata, a continuación, en la Tabla 4 se muestra el resumen de los resultados de la correlación entre el número de golpes obtenidos en campo y transformarlo en un valor de CBR aplicando una fórmula experimental de la empresa Geotécnica del Sur S.A y con el nombre de “Propuesta De Correlación Entre Propiedades Geotécnicas de Materiales de edad Triásica en las Cordilleras Béticas (Andalucía, España).”

Tabla 4: Resumen de correlación SPT de todos los sondeos

Sondeos	Correlación SPT – CBR	
	0.00 - 0.50	0.50 - 1.00
1	3,05	3,20
2	2,76	2,76
3	2,83	2,98
4	2,76	2,68
5	2,61	2,68
6	2,61	2,61
7	2,50	2,61
8	2,61	2,55
9	2,50	2,50
10	2,55	2,61
11	2,66	2,72

12	2,50	2,61
13	2,72	2,61
14	2,61	2,77
15	2,83	3,35
16	3,05	3,05
17	2,72	2,77
18	2,68	2,90
19	2,98	3,42
20	2,55	2,61
21	2,50	2,61
22	2,98	3,20
23	2,66	2,72
24	2,76	2,83
25	2,66	2,83
26	2,72	2,72
27	2,83	2,77
28	3,05	3,20
29	2,98	3,42
30	3,35	3,49
31	2,83	3,35
32	2,90	4,01
33	3,05	3,27
34	2,98	3,20
35	3,27	3,55
36	2,94	3,00
37	2,77	3,05
38	3,16	3,38
39	3,38	3,49
40	3,27	3,33

Fuente: Edison Espinel (2022).

DCP (Ensayo de penetración de cono dinámico): La realización de este ensayo mide la penetración total alcanzada para un determinado número de golpes y se realiza una división de mm/golpe, la cual da como resultado el índice de DCP utilizado para describir la rigidez del suelo en estudio, dicho valor se lo utiliza para estimar el CBR in situ.

Tabla 5: Número de Golpes y Penetración del DCP

No. GOLPES	Penetración (mm)
0	0
5	60
10	120
15	220
20	360
25	510
30	720
35	790

Fuente: Edison Espinel (2022).

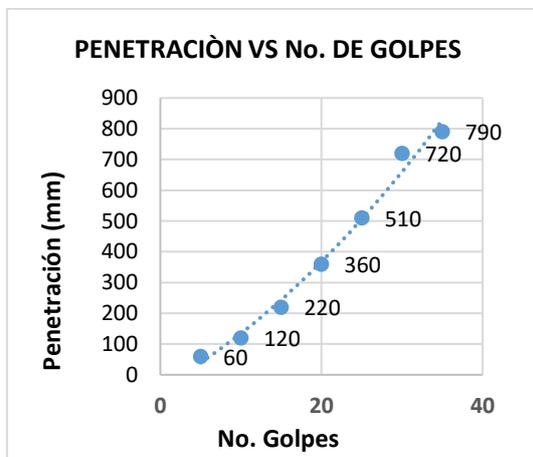
$$\text{Índice DCP} = \frac{790 - 60}{35 - 5}$$

$$\text{Índice DCP} = 24.33$$

$$\text{CBR (\%)} \text{ DE CAMPO} = 5.29$$

$$\text{CBR (\%)} = 158.49 * (\text{Índice DCP})^{-1.065}$$

Gráfico 1: Penetración VS # de Golpes



Fuente: Edison Espinel (2022).

A continuación, se presenta el resultado geotécnico obtenido de campo con el índice de penetración mediante el dispositivo DCP para encontrar valores de CBR en el sitio

aplicando fórmula experimental propuesta por (Van Vuuren, 1969).

$$\text{CBR (\%)} = \frac{292}{(\text{Índice DCP})^{1.12}}$$

$$\text{CBR (\%)} = 8.18$$

A continuación, en la Tabla 6 se muestra el resumen de todos los resultados obtenidos mediante el DCP utilizado para estimar un valor de CBR en campo.

Tabla 6: Resumen de resultados del DCP de todos los sondeos.

Sondeos	Índice DCP	CBR (%) de Campo	CBR (%) Van Vuuren
1	65,00	1,86	2,72
2	68,00	1,77	2,59
3	32,00	3,95	6,02
4	47,00	2,63	3,91
5	65,00	1,86	2,72
6	65,00	1,86	2,72
7	74,00	1,62	2,35
8	73,00	1,64	2,39
9	66,00	1,83	2,68
10	70,00	1,72	2,51
11	47,33	2,61	3,88
12	75,00	1,60	2,32
13	85,00	1,40	2,02
14	63,00	1,92	2,82
15	81,00	2,73	2,13
16	67,00	1,80	2,63
17	130,00	0,89	1,25
18	120,00	0,97	1,37
19	120,00	1,92	1,37
20	120,00	0,97	1,37
21	81,00	1,47	2,13
22	44,67	2,77	4,14
23	114,00	1,02	1,45
24	81,00	1,47	2,13
25	79,00	1,51	2,19
26	86,00	1,38	1,99
27	83,00	1,43	2,07
28	30,00	4,24	6,47

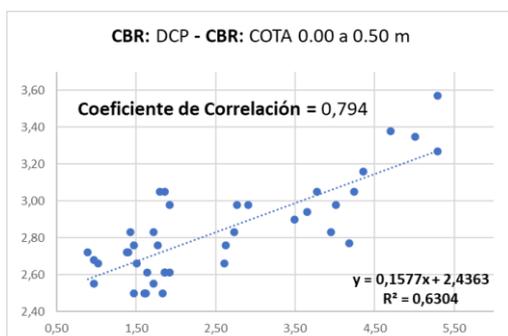
29	42,67	2,91	4,36
30	25,60	5,01	7,73
31	70,00	1,72	2,51
32	36,00	3,49	5,28
33	33,50	3,77	5,72
34	31,60	4,01	6,11
35	24,33	5,29	8,18
36	34,50	3,65	5,53
37	30,40	4,18	6,38
38	29,20	4,36	6,67
39	27,20	4,70	7,22
40	24,33	5,29	8,18

Fuente: Edison Espinel (2022).

Correlación de ensayos de

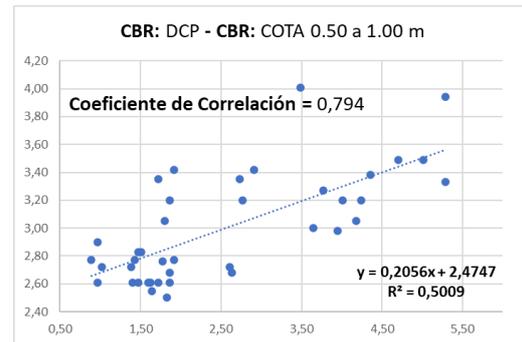
Campo: Para la Correlación entre los resultados del CBR (%) de los ensayos de campo se determinó un coeficiente de correlación entre el STP y el DCP poco significativa con un valor de 0.794, por lo cual los datos no cumplen con un adecuado porcentaje de correlación para ser aplicado y por ello para la realización del Mapa de Zonificación se utilizaron los resultados del CRB obtenido por el DCP y en Laboratorio.

Gráfico 2: Correlación DCP - Cota 0.00 - 0.50 SPT



Fuente: Edison Espinel (2022).

Gráfico 3: Correlación DCP - Cota 0.50 - 1.00 SPT



Fuente: Edison Espinel (2022).

4. Zonificación del CBR de la Parroquia Andrés de Vera

La zonificación de la capacidad portante de los suelos de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo, se lo realizó mediante la tabulación de tablas de frecuencia, en donde para determinar el número de clases o número de zonas a delimitar se utilizó la regla de Sturges cuya fórmula es la siguiente $k=1+3,322*\text{Log}(N)$, donde N es el número total de datos la muestra.

$$k = 1 + 3,322 * \text{Log}(N)$$

$$k = 1 + 3,322 * \text{Log}(40)$$

$$k = 6,32 \approx 6$$

Sabiendo el número de clase se procede a buscar el ancho de la clase donde para los resultados de CBR mediante el DCP y de laboratorio como se observa en la y Tabla 7 y Tabla 9.

Tabla 7: Ancho de Clase CBR (%) del DCP

Valor min.	0,89
Valor max.	5,29
AC = (max – min) / k	0,73

Fuente: Edison Espinel (2022).

Tabla 8: Tabla de Frecuencia de los resultados del CBR (%) del DCP

i	[xi	xi]	ni	fi	Ni	Fi	LI	LS	AC	MCI
1	0.89	1.62	11	11/40	11	11/40	0.89	1.62	0.73	1.26
2	1.62	2.35	12	12/40	23	23/40	1.62	2.35	0.73	1.99
3	2.35	3.08	5	5/40	28	28/40	2.35	3.08	0.73	2.72
4	3.08	3.81	3	3/40	31	31/40	3.08	3.81	0.73	3.45
5	3.81	4.54	5	5/40	36	36/40	3.81	4.54	0.73	4.18
6	4.54	5.29	4	4/40	40	40/40	4.54	5.29	0.73	4.92

Fuente: Edison Espinel (2022).

Tabla 9: Ancho de Clase CBR (%) de Laboratorio

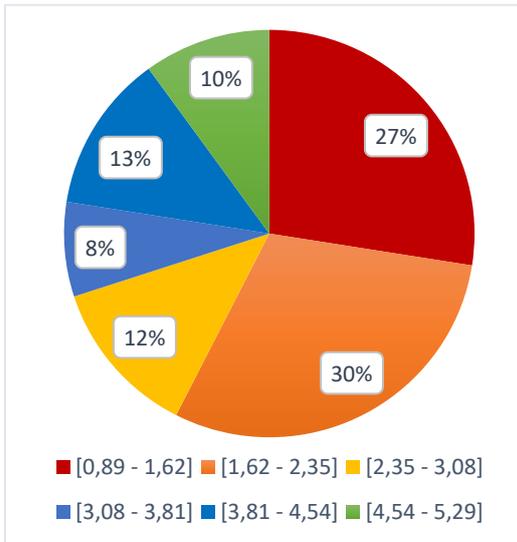
Valor min.	1,11
Valor max.	5,72
AC = (max – min) / k	0,77

Fuente: Edison Espinel (2022).

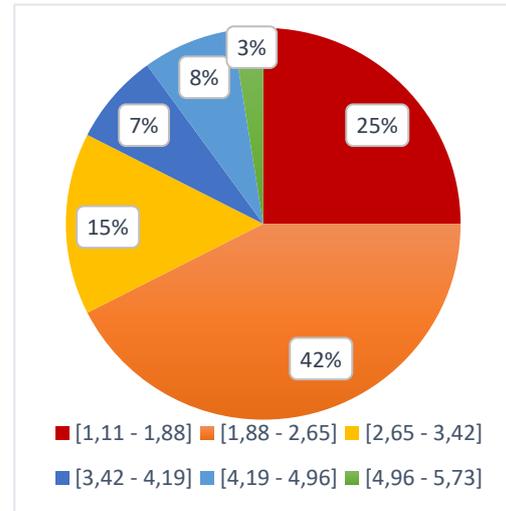
Tabla 10: Tabla de Frecuencia de los resultados del CBR (%) de Laboratorio

i	[xi	xi]	ni	fi	Ni	Fi	LI	LS	AC	MCI
1	1,11	1,88	10	10/40	10	10/40	1,11	1,88	0,77	1,50
2	1,88	2,65	17	17/40	27	27/40	1,88	2,65	0,77	2,27
3	2,65	3,42	6	6/40	33	33/40	2,65	3,42	0,77	3,04
4	3,42	4,19	3	3/40	36	36/40	3,42	4,19	0,77	3,81
5	4,19	4,96	3	3/40	39	39/40	4,19	4,96	0,77	4,58
6	4,96	5,73	1	1/40	40	40/40	4,96	5,73	0,77	5,35

Fuente: Edison Espinel (2022).

Gráfico 4: Frecuencia del CBR del DCP

Fuente: Edison Espinel (2022).

Gráfico 5: Frecuencia del CBR de Laboratorio

Fuente: Edison Espinel (2022).

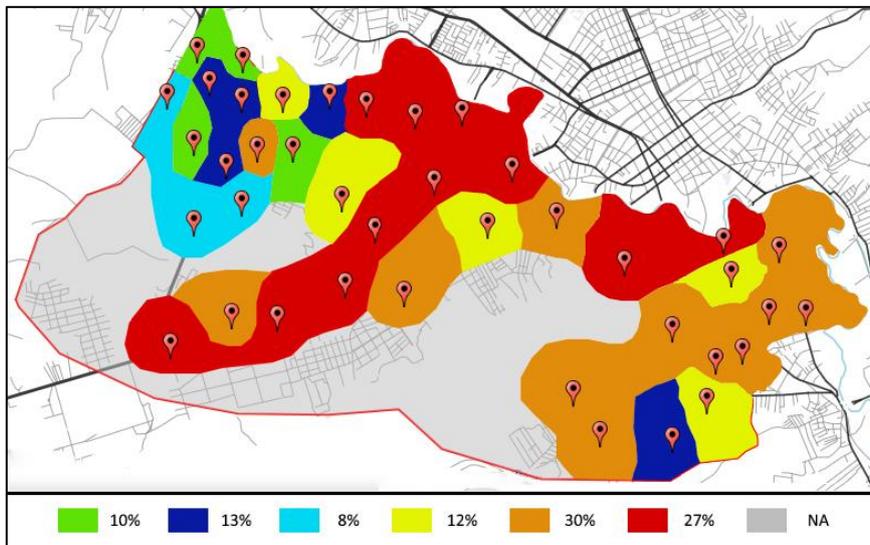
Ilustración 1: Ubicación de los Sondeos en el Mapa

Fuente: Edison Espinel (2022).

En la Ilustración 1 se puede observar la ubicación de los puntos donde se realizaron los ensayos de SPT y DCP para obtención del CBR en campo, como la extracción de las muestras para la caracterización y cálculo del CBR en laboratorio, en la

zona Urbana de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí con un total de los 40 sondeos realizados.

Ilustración 2: Mapa de Zonificación según el CBR (%) de campo con el DCP

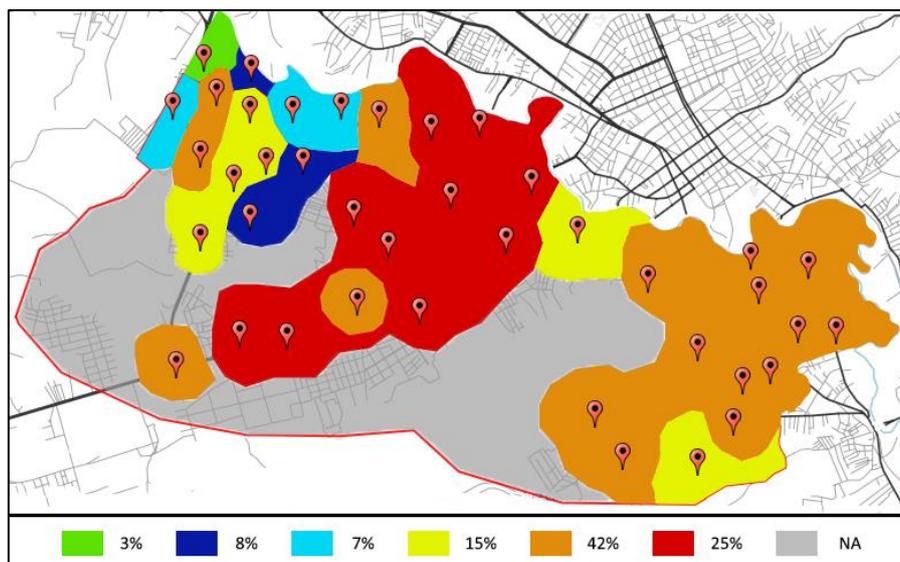


Fuente: Edison Espinel (2022).

La Ilustración 2 muestra que para los resultados de CBR obtenidos con el DCP el 27% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 0,89 a 1,62, el 30% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 1,63 a 2,34, el 12% de suelos estudiados

tienen valores de CBR de 2,35 a 3,07, el 8% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 3,08 a 3,80, el 13% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 3,81 a 4,53 y el 10% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 4,54 a 5,29.

Ilustración 3: Mapa de Zonificación según el CBR (%) de Laboratorio



Fuente: Edison Espinel (2022).

La Ilustración 3 muestra que para los resultados de CBR obtenidos en laboratorio el 25% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 1,11 a 1,87, el 42% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 1,88 a 2,64, el 15% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 2,65 a 3,41, el 7% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 3,42 a 4,18, el 8% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 4,19 a 4,95 y el 3% de suelos estudiados tienen valores de CBR de 4,96 a 5,73.

5. Conclusiones

Los suelos encontrados en la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo son poco densos, de baja resistencia y contenido de finos variables. En función a los resultados de la capacidad portante tanto en campo y laboratorio se logró distinguir seis zonas de acuerdo al % de CBR obtenido; cabe recalcar que durante el proceso de excavación de calicatas y ejecución de los ensayos SPT y DCP a una profundidad de -1.00 metro no se encontró nivel freático.

Los valores de la capacidad portante de toda la parroquia se encuentran

desde 0.89 hasta 5.72, esto debido a la topografía misma de esta esta, ya que cuenta con zonas altas (con alturas de hasta 70 msm) cuya capacidad de soporte es mayor a las zonas bajas consideradas valles.

Bibliografía

- Aragundi Demara, M. L., Delgado Romero, C. M., Ortiz Hernández, E. H., & Delgado Gutiérrez, D. A. (2019). Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parámetro geotécnico, aplicando el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), en los terrenos aledaños a la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas. *Revista RIEMAT*, 4(2), 39-43. doi: <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i2.2193>
- ASTM INTERNATIONAL. (2018). ASTM D2487-11. Obtenido de Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System): <https://www.astm.org/d2487-11.html>
- ASTM INTERNATIONAL. (2018). ASTM D6951/D6951M-18. Obtenido de Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement

- Applications:
https://www.astm.org/d6951_d6951m-18.html
- ASTM INTERNATIONAL. (2021). ASTM D1883-21. Obtenido de Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils: <https://www.astm.org/d1883-21.html>
- ASTM INTERNATIONAL. (2022). ASTM INTERNATIONAL. Obtenido de ASTM D1586/D1586M-18e1: <https://www.astm.org/d1586-d1586m-18e01.html>
- Cabrales Contreras, D. (2019). ECUACIÓN DE CORRELACIÓN ENTRE P.D.C. Y C.B.R. PARA ARCILLAS. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/31738>
- Celis Grández, J. E., & Villacis del Castillo, T. A. (2018). Zonificación de la Capacidad Portante de los suelos de la Localidad de Shamboyacy, Provincia de Picota, Región San Martín. San Martín.
- Mejía Vera, C. A., Gilces Delgado, J. R., Ortíz Hernández, E. H., & García Vincés, J. J. (2020). Análisis comparativo de suelo de campo y laboratorio para la medición de su capacidad portante con ensayos de Valor de Soporte de California (CBR) y Cono Dinámico de Penetración (DCP) en la Universidad Técnica de Manabí. REVISTA RIEMAT, 4(2), 78-83. doi: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/2491/2650>
- Santa Cruz, P. D. (2018). Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Soritor del distrito de Soritor – provincia de Moyobamba – Región San Martín. Moyobamba.