

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO DE  
RAMCODES EN LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS GRANULARES”**

**POR:**

**RODRIGUEZ RIVERA DIEGO EDUARDO**

Proyecto de Ingeniería Civil presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Semestre II - 2018**

**TARIJA-BOLIVIA**

### **DEDICATORIA:**

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A todas las personas que contribuyeron en mi formación, en especial a:

A mis padres; Roger Rodríguez Sánchez y Zaida Rivera Melendres, por inculcarme el espíritu de lucha para alcanzar mis metas propuestas, por la bondad y sencillez que de ellos aprendí, siendo siempre una fuente de inspiración.

A mis hermanos; Gustavo y Matias porque siempre he contado con ellos para todo y creyeron en mí.

## ÍNDICE GENERAL

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

### CAPÍTULO I DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

	Pág.
<b>1.1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Determinación de la línea de investigación.....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Determinación de línea de estudio. Argumentos.....	2
1.2.2. Breve descripción de causales identificados.....	2
1.2.3. Identificación del objeto de estudio.....	3
1.2.4. Determinación de la perspectiva de solución.....	4
<b>1.3. Situación problemática.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Determinación del problema.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5. Objetivos.....</b>	<b>6</b>
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
<b>1.6. Formulación de la hipótesis.....</b>	<b>7</b>
1.6.1. Hipótesis.....	7
1.6.2. Identificación de variables.....	7
<b>1.7. Identificación del tipo del diseño de investigación.....</b>	<b>7</b>
<b>1.8. Unidades de estudio y decisión muestreable.....</b>	<b>7</b>
1.8.1. Unidad de estudio o muestreo.....	7

	Pág.
1.8.2. Población y Muestra.....	8
1.8.3. Selección de las técnicas de muestreo.....	8
1.8.4. Alcance del proyecto.....	9
<b>1.9. Métodos y procedimientos lógicos.....</b>	<b>10</b>
<b>1.9.1. Esquema de actividades en función a procedimiento definido por la perspectiva.....</b>	<b>10</b>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

<b>2.1. Clasificación e identificación de suelos.....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Sistema de Clasificación AASTHO.....	12
2.1.2. Sistema de Clasificación SUCS.....	16
2.1.3. Tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.....	18
<b>2.2. RAMCODES.....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Clasificación cuantitativa.....	20
2.2.2. Potencial de densificación.....	22
<b>2.3. Contenido de humedad.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4. Límites de consistencia.....</b>	<b>27</b>
2.4.1. Límite líquido.....	27
2.4.2. Límite plástico.....	28
2.4.3. Índice de plasticidad.....	29
2.4.4. Carta de plasticidad.....	29
<b>2.5. Estudios granulométricos.....</b>	<b>30</b>
2.5.1. Curva granulométrica.....	31
<b>2.6. Compactación de suelos.....</b>	<b>33</b>

	Pág.
2.6.1. Compactación en laboratorio .....	34
2.6.2. Compactación en campo .....	37
<b>2.7. Resistencia de suelos.....</b>	<b>39</b>
2.7.1. Capacidad de Soporte (CBR) de Suelos. ....	39

## CAPÍTULO III

### INFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN

<b>3.1. Criterio de selección de la muestra.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2. Ubicación.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3. Muestreo de material. ....</b>	<b>50</b>
3.3.1. Objetivo. ....	50
3.3.2. Equipo utilizado.....	50
3.3.3. Procedimiento.....	50
<b>3.4. Ensayos de laboratorio.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5. Tabla de resúmenes .....</b>	<b>53</b>
3.5.1. Resumen de clasificación AASTHO. ....	53
3.5.2. Resumen de compactación. ....	54
3.5.3. Resumen de resultados de C.B.R.....	55
3.5.4. Resumen de la clasificación cuantitativa y cualitativa de RAMCODES. ....	57
3.5.5. Comparación entre las clasificaciones ASSTHO y RAMCODES.....	58
<b>3.6. Selección del Mejor Modelo de Ajuste. ....</b>	<b>60</b>
3.6.1. Determinación de las ecuaciones de correlación CHO vs Fp.....	60
3.6.2. Determinación de las ecuaciones de correlación DMS vs Fp.....	74

## CAPÍTULO 1V

### ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE RAMCODES

Pág.

<b>4.1. Introducción.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2. Potencial de densificación en los suelos estudiados. ....</b>	<b>88</b>
4.2.1. Ecuaciones para el pronóstico de la densidad máxima seca de los suelos estudiados.....	93
4.2.2. Ecuaciones para el pronóstico de la humedad óptima de los suelos estudiados.....	94
<b>4.3. Pronóstico de la densidad seca y la humedad óptima mediante       las ecuaciones 6 y 7 propuestas por Sánchez-Leal, F. J.....</b>	<b>102</b>
4.3.1. Pronóstico de la densidad seca y la humedad para los suelos estudiados con la aplicación de las ecuaciones 6 y 7 de la metodología de RAMCODES. ....	102
<b>4.4. Análisis de las ecuaciones halladas para el pronóstico de DMS y CHO       para los suelos estudiados.....</b>	<b>104</b>
<b>4.5. Análisis del C.B.R. en función al factor característico de RAMCODES.</b>	<b>106</b>

## CAPÍTULO 1V

### ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE RAMCODES

<b>5.1. Conclusiones.....</b>	<b>116</b>
<b>5.2. Recomendaciones.....</b>	<b>118</b>

Bibliografía

Anexos

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Carta de Plasticidad. ....	16
Figura 2. Símbolos de grupos para suelos según el Sistema Unificado de Clasificación (Basado en material que pasa la malla de 3pulg. (75 mm)).....	17
Figura 3. Curvas Granulométricas .....	19
Figura 4. Valores de Fp.....	21
Figura 5. Variación de la DMS del Proctor Modificado vs. Fp. (Sánchez- Leal, F.J., 2002) .....	22
Figura 6. Variación de la DMS del Proctor Modificado vs. Fp. (Sánchez- Leal, F.J., 2002) .....	23
Figura 7. Estadísticos de correlación para Fp vs. DMS. (Sánchez-Leal, F. J., 2002) .....	23
Figura 8. Datos de campo versus el rango de variación predicho para; a) contenido de agua, b) densidad seca (Sánchez-Leal, 2002.).....	25
Figura 9. Representación de volúmenes de suelo .....	26
Figura 10. Aparato de Casagrande .....	28
Figura 11. Rodillos de obtención de Límite.....	29
Figura 12. Carta de Plasticidad (Descripción) .....	30
Figura 13. Diámetros Efectivos.....	32
Figura 14. Compactación con maquinaria .....	33
Figura 15. Compactación en laboratorio .....	34

	Pág.
Figura 16. Equipo para ensayo de CBR.....	40
Figura 17. Temporal-San Jacinto .....	44
Figura 18. Turumayo-Bella Vista .....	45
Figura 19. Posta municipal-cruce Sella.....	46
Figura 20. Valle central de Tarija .....	48
Figura 21. Tramo Tarija-Chaguaya.....	49
Figura 22. Comunidad de Narváez provincia O’connor .....	50
Figura 23. Extracción de Muestras.....	51
Figura 24. Análisis del comportamiento de la humedad y la densidad seca versus el factor característico fp.....	89
Figura 25. Gráfica contenido de humedad – factor característico para todos los suelos en estudio .....	90
Figura 26. Gráfica densidad seca – factor característico para todos los suelos en estudio.....	90
Figura 27. Análisis de los rangos propuestos por Sánchez-leal, f. j. para el pronóstico de la humedad.....	91
Figura 28. Análisis de los rangos propuestos por Sánchez-leal, f. j. para el pronóstico de la densidad seca .....	92
Figura 29. Ampliación figura 24.....	93
Figura 30. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico de la densidad seca para suelos A-1-a .....	95
Figura 31. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico de la densidad seca para suelos A-1-b .....	95



Figura 32. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico de la densidad seca para suelos A-3.....	96
Figura 33. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico de la densidad seca para suelos A-2-4 .....	96
Figura 34. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico de la densidad seca para suelos A-2-5 .....	97
Figura 35. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico de la densidad seca para suelos A-2-6 .....	97
Figura 36. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico de la densidad seca para suelos A-2-7 .....	98
Figura 37. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico del contenido de humedad óptimo para suelos A-1-a.....	98
Figura 38. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico del contenido de humedad óptimo para suelos A-1-b.....	99
Figura 39. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico del contenido de humedad óptimo para suelos A-3 .....	99
Figura 40. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico del contenido de humedad óptimo para suelos A-2-4.....	100
Figura 41. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico del contenido de humedad óptimo para suelos A-2-5.....	100
Figura 42. Ecuación con mayor tendencia para el pronóstico del contenido de humedad óptimo para suelos A-2-6.....	101



	Pág.
Tabla 12 Comparación entre AASTHO Y RAMCODES.....	58
Tabla 13 Pronóstico de la DMS y el CHO para los suelos en estudio.....	102
Tabla 14 Variación de la DMS y CHO calculada Frente a las ecuaciones pronosticadas.....	103
Tabla 15 Análisis de las ecuaciones de pronóstico de la DMS y CHO para los suelos estudiados. ....	104
Tabla 16 Variación de la DMS y CHO calculada frente a las ecuaciones pronosticadas.....	105
Tabla 17 Análisis de las ecuaciones para el pronóstico del CBR para los suelos estudiados .....	114