

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN**



**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DIRIGIDO**

***“ESTUDIO DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL MANTENIMIENTO VIAL EN LA CAPA DE RODADURA DE LA RED FUNDAMENTAL CORRESPONDIENTE AL TRAMO ENTRE RÍOS - ABRA DE SAN SIMÓN”***

**Postulante:**

Ginés Manuel Delfín Urquiza

**Tutor:**

Ing. Fabricio Edgar Lafertte Díaz

**GESTIÓN 2013**

**TARIJA - BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

*Desde mi origen en la humildad de la oración a mis amados padres Gines y Marina; a mi abuelita Isabel Trigo, que desde el cielo me han bendecido y fortalecido para concluir mi trabajo.*

*Ramazones de mi ser a mis hermanas, Martha, Yola, Teresa y Hellmiyn, quienes con cariño y comprensión, han impulsado mis energías y voluntad para concluir con responsabilidad mi trabajo.*

*Brotos de la vida nueva con cariño a mis amados hijos Jeannine Isabel y Ginés Manuel Jr.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi más sincero y profundo agradecimiento al amigo de siempre, Walter Nelson Ferrufino Gaité, por el apoyo desinteresado que me ha brindado en este trabajo.*

*Al Ing. Fabricio Edgar La Fertte Diaz, Tutor del presente trabajo, quien con su capacidad, conocimiento y experiencia ha guiado con excelencia y voluntad mi trabajo.*

# ÍNDICE

## *CAPÍTULO I* **GENERALIDADES**

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1.1. Antecedentes.....                | 1 |
| 1.2. Objetivos.....                   | 1 |
| 1.2.1. Objetivo general.....          | 1 |
| 1.2.2. Objetivos específicos.....     | 1 |
| 1.3. Metas .....                      | 2 |
| 1.4. Justificación .....              | 2 |
| 1.5. Alcance .....                    | 3 |
| 1.6. Metodología del estudio .....    | 3 |
| 1.7. Métodos técnicos utilizados..... | 4 |
| 1.8. Normas comparables .....         | 4 |

## *CAPÍTULO II* **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2.1. Ubicación.....               | 9  |
| 2.1.1. Micro ubicación .....      | 10 |
| 2.1.2. Aspectos climáticos.....   | 11 |
| 2.1.2.1. Temperatura .....        | 11 |
| 2.1.2.2. Precipitaciones .....    | 11 |
| 2.1.2.3. Humedad relativa .....   | 12 |
| 2.1.3. Hidrología .....           | 13 |
| 2.1.4. Fisiología .....           | 13 |
| 2.1.4.1. Suelos .....             | 14 |
| 2.1.5. Ecología.....              | 16 |
| 2.1.6. Vegetación .....           | 16 |
| 2.1.7. Fauna .....                | 17 |
| 2.1.8. Aspectos demográficos..... | 18 |
| 2.1.8.1. Población indígena ..... | 18 |
| 2.1.8.2. Educación.....           | 19 |
| 2.1.8.3. Analfabetismo .....      | 20 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 2.1.8.4. Salud .....                            | 20 |
| 2.1.8.5. Medicina tradicional.....              | 22 |
| 2.1.8.6. Niveles de pobreza .....               | 22 |
| 2.1.9. Agua potable .....                       | 22 |
| 2.1.9.1. Saneamiento básico .....               | 23 |
| 2.1.10. Vivienda.....                           | 24 |
| 2.1.11. Infraestructura .....                   | 24 |
| 2.1.11.1. Red Caminera.....                     | 24 |
| 2.1.12. Transporte .....                        | 26 |
| 2.1.13. Comunicaciones .....                    | 26 |
| 2.1.14. Energía.....                            | 27 |
| 2.1.15. Estructura y tenencia de la tierra..... | 27 |
| 2.1.15.1. Tamaño de la propiedad.....           | 28 |
| 2.1.15.2. Régimen legal de la tierra .....      | 28 |
| 2.1.15.3. Uso actual de la tierra .....         | 29 |
| 2.1.16. Disponibilidad de riego .....           | 29 |
| 2.1.17. Producción agrícola.....                | 30 |
| 2.1.17.1. Tecnología.....                       | 30 |
| 2.1.17.2. Destino de la producción .....        | 31 |
| 2.1.18. Ganadería .....                         | 31 |
| 2.1.19. Producción forestal.....                | 32 |

### ***CAPÍTULO III***

#### **ESTUDIO DE SUELOS Y MATERIALES**

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Introducción.....                                                               | 33 |
| 3.2. Metodología planteada .....                                                     | 33 |
| 3.3. Estudio en la capa de rodadura .....                                            | 33 |
| 3.4. Estudio de yacimientos o bancos .....                                           | 34 |
| 3.5. Ensayo de laboratorios. ....                                                    | 34 |
| 3.5.1. Determinación del desgaste de gravas método de la máquina de los ángeles .... | 35 |
| 3.5.1.1. Aparatos.....                                                               | 35 |
| 3.5.1.2. Muestra de ensayo .....                                                     | 36 |
| 3.5.1.3. Procedimiento .....                                                         | 36 |
| 3.5.1.4. Ensayo .....                                                                | 37 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.2. Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-4219).....                          | 38 |
| 3.5.2.1. Equipo necesario .....                                                         | 38 |
| 3.5.2.2. Procedimientos usados (Por cuarteo) .....                                      | 40 |
| 3.5.3. Límites de Atterberg .....                                                       | 42 |
| 3.5.3.1. Objetivo (Determinación del límite de líquido) .....                           | 43 |
| 3.5.3.2. Material utilizado .....                                                       | 43 |
| 3.5.3.3. Procedimiento .....                                                            | 44 |
| 3.5.4. Clasificación .....                                                              | 47 |
| 3.5.4.1. Clasificación de suelos según AASHTO .....                                     | 47 |
| 3.5.4.2. Clasificación según SUCS .....                                                 | 47 |
| 3.5.5. Proctor .....                                                                    | 49 |
| 3.5.5.1. Proctor modificado (caso práctico, capa granular en firmes de carreteras)..... | 50 |
| 3.5.5.1.1. Objetivo .....                                                               | 50 |
| 3.5.5.1.2. Material utilizado .....                                                     | 51 |
| 3.5.5.1.3. Procedimiento .....                                                          | 51 |
| 3.5.6. C.B.R.....                                                                       | 53 |
| 3.5.6.1. Objetivo .....                                                                 | 53 |
| 3.5.6.2. Generalidades.....                                                             | 53 |
| 3.5.6.3. Ensayo de C.B.R .....                                                          | 53 |
| 3.5.6.4. Equipo empleado.....                                                           | 54 |

## ***CAPÍTULO IV***

### **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS EN PLATAFORMA**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Clasificación y descripción de los suelos identificados ..... | 60 |
| 4.1.1. Suelos gravosos (A-1) .....                                 | 61 |
| 4.1.1.1. Sub-grupo suelos (A-1-a) .....                            | 61 |
| 4.1.1.2. Sub-grupo suelos (A-1-b) .....                            | 61 |
| 4.1.2. Suelos arenas gravosas (A-2).....                           | 61 |
| 4.1.2.1. Sub-grupo (A-2-4).....                                    | 62 |
| 4.1.2.2. Sub-grupo suelo (A-2-6) y (A-2-7) .....                   | 63 |
| 4.1.3. Limos inorgánicos de elasticidad variable (A-4) .....       | 63 |
| 4.1.4. Arcillas inorgánicas plásticas (A-6) .....                  | 64 |
| 4.1.5. Arcillas inorgánicas elásticas (A-7) .....                  | 65 |
| 4.1.5.1. Sub-grupo (A-7-5).....                                    | 65 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.5.2. Suelos altamente expansivos y elásticos sub-grupo (A-7-6) .....    | 65  |
| 4.2. Criterios para determinar la caracterización de las arcillas .....     | 66  |
| 4.3. Nivel freático de las aguas.....                                       | 67  |
| 4.4. Densidades y ensayos Proctor Modificado T-180 .....                    | 67  |
| 4.5. Capacidad portante mediante método California Bearing Ratio C.B.R..... | 67  |
| 4.6. Revisión fotográfica de la extracción de muestra .....                 | 67  |
| 4.6.1. Calicata o pozo de exploración .....                                 | 67  |
| 4.7. Ensayos de laboratorio .....                                           | 77  |
| 4.7.1. Resumen de ensayos de laboratorio .....                              | 77  |
| 4.7.2. Ensayo de clasificación de suelos .....                              | 78  |
| 4.7.3. Ensayo de compactación AASHTO T-180 D.....                           | 92  |
| 4.7.4. Ensayo de Soporte California (CBR) .....                             | 106 |

## ***CAPÍTULO V***

### **ESTUDIO DE LOS YACIMIENTOS**

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Bancos de préstamo y/o cantera.....                      | 134 |
| 5.2. Metodología empleada para el estudio de yacimientos..... | 138 |
| 5.3. Resultados obtenidos del estudio de yacimientos.....     | 138 |
| 5.4. C.B.R. Característico.....                               | 141 |

## ***CAPÍTULO VI***

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 6.1. Conclusiones.....    | 144 |
| 6.2. Recomendaciones..... | 145 |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|                                                                 | Página |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 2.1. Macro ubicación.....                                | 9      |
| Figura 2.2. Micro ubicación.....                                | 10     |
| Figura 3.1. Máquina de los Ángeles.....                         | 38     |
| Figura 3.2. Tamices.....                                        | 39     |
| Figura 3.3. Conjunto de tamices.....                            | 39     |
| Figura 3.4. Partes de un tamizador.....                         | 40     |
| Figura 3.5. Molde del Proctor Modificado.....                   | 51     |
| Figura 4.1. Imagen satelital de la localidad de Entre Ríos..... | 68     |
| Figura 4.2. Calicata al eje del camino.....                     | 69     |
| Figura 4.3. Calicata al lado derecho del camino.....            | 69     |
| Figura 4.4. Calicata al lado izquierdo del camino.....          | 70     |
| Figura 4.5. Calicata al eje del camino.....                     | 70     |
| Figura 4.6. Calicata al lado derecho del camino.....            | 71     |
| Figura 4.7. Calicata al lado izquierdo del camino.....          | 71     |
| Figura 4.8. Calicata al eje del camino.....                     | 72     |
| Figura 4.9. Calicata al lado derecho del camino.....            | 72     |
| Figura 4.10. Calicata al lado izquierdo del camino.....         | 73     |
| Figura 4.11. Calicata al eje del camino.....                    | 73     |
| Figura 4.12. Calicata al lado derecho del camino.....           | 74     |
| Figura 4.13. Calicata al lado izquierdo del camino.....         | 74     |
| Figura 4.14. Calicata al eje del camino.....                    | 75     |
| Figura 4.15. Calicata al lado derecho del camino.....           | 75     |
| Figura 5.1. Ubicación de bancos de préstamo y/o canteras.....   | 135    |



**ÍNDICE DE CUADROS**

|                                                              | Página |
|--------------------------------------------------------------|--------|
| Cuadro 2.1. Superficie por provincias.....                   | 11     |
| Cuadro 2.2. Promedio de precipitación anual y mensual.....   | 12     |
| Cuadro 2.3. Humedad relativa media mensual.....              | 12     |
| Cuadro 2.4. Sub-cuencas hidrográficas.....                   | 13     |
| Cuadro 2.5. Clasificación de suelos.....                     | 15     |
| Cuadro 2.6. Fauna silvestre.....                             | 17     |
| Cuadro 2.7. Situación del sector salud.....                  | 21     |
| Cuadro 2.8. Tipo de enfermedades del sector de salud.....    | 21     |
| Cuadro 2.9. Niveles de pobreza de la población.....          | 22     |
| Cuadro 2.10. Agua potable para consumo humano.....           | 23     |
| Cuadro 2.11. Características de las viviendas.....           | 24     |
| Cuadro 2.12. Red caminera.....                               | 25     |
| Cuadro 2.13. Red de caminos vecinales.....                   | 26     |
| Cuadro 2.14. Tipo de propiedad.....                          | 28     |
| Cuadro 2.15. Tamaño de propiedad.....                        | 28     |
| Cuadro 2.16. Régimen legal.....                              | 29     |
| Cuadro 2.17. Uso de la tierra.....                           | 29     |
| Cuadro 2.18. Especies y razas de ganado.....                 | 31     |
| Cuadro 2.19. Especies forestales.....                        | 32     |
| Cuadro 3.1. Clasificación de suelos según AASHTO.....        | 47     |
| Cuadro 3.2. Clasificación según SUCS.....                    | 47     |
| Cuadro 3.3. Tipología de suelos (SUCS).....                  | 48     |
| Cuadro 3.4. Características de los suelos según el SUCS..... | 48     |
| Cuadro 3.5. Carta de Casagrande.....                         | 49     |
| Cuadro 3.6. Humedad óptima.....                              | 50     |
| Cuadro 3.7. Cargas normalizadas.....                         | 59     |
| Cuadro 3.8. Clasificación del suelo de acuerdo al CBR.....   | 59     |

|             |                                                         |     |
|-------------|---------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 4.1. | Ubicación de muestras extraídas.....                    | 60  |
| Cuadro 4.2. | Resumen de suelos sobre el trazo del camino.....        | 66  |
| Cuadro 4.3. | Características de las arcillas.....                    | 66  |
| Cuadro 5.1. | Ubicación de yacimientos.....                           | 134 |
| Cuadro 5.2. | Características de los yacimientos y/o canteras.....    | 139 |
| Cuadro 5.3. | Yacimientos y/o canteras.....                           | 139 |
| Cuadro 5.4. | Volúmenes estimados de yacimientos y/o canteras.....    | 140 |
| Cuadro 5.5. | CBR característico tramo 1 (Prog. 0+000 a 8+250).....   | 141 |
| Cuadro 5.6. | CBR característico tramo 2 (Prog. 8+250 a 13+750).....  | 142 |
| Cuadro 5.7. | CBR característico tramo 3 (Prog. 13+750 a 20+073)..... | 142 |