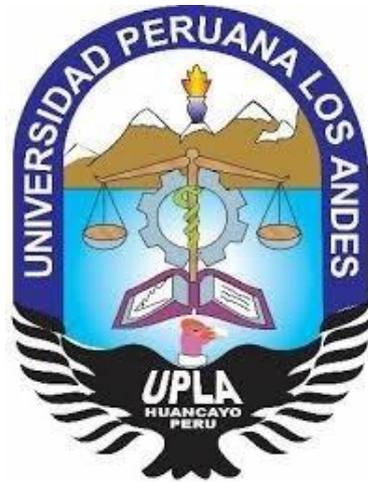


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**RELACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE  
LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE  
BALASTO EN EL DISTRITO DE  
PILCOMAYO**

**PRESENTADO POR:  
BACHILLER: ALARCON GUERRA DAVID EDUARDO**

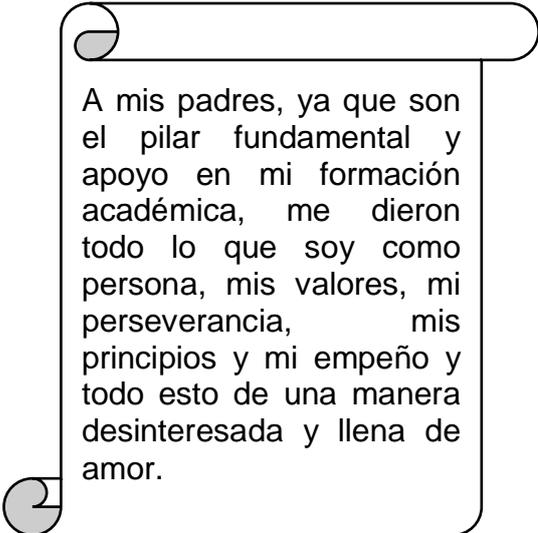
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:  
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU  
2020**

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**  
**ASESOR**

## DEDICATORIA



A mis padres, ya que son el pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, me dieron todo lo que soy como persona, mis valores, mi perseverancia, mis principios y mi empeño y todo esto de una manera desinteresada y llena de amor.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Peruana Los Andes, por permitirme que seamos parte de ella y poder desarrollarnos con la carrera que más nos apasiona:

A mi asesor de tesis por haberme brindado la oportunidad de compartir su experiencia y conocimiento científicos y sobre todo por habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos durante todo el desarrollo de tesis.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE**

---

**Mg. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL  
JURADO**

---

**Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO  
JURADO**

---

**Ing. RANDO PORRAS OLARTE  
JURADO**

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
SECRETARIO DE DOCENTE**

## ÍNDICE GENERAL

|   |            |
|---|------------|
| <b>CARATULA</b> .....                                     | <b>i</b>   |
| <b>ASESOR</b>   | <b>ii</b>  |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                  | <b>iii</b> |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                               | <b>iv</b>  |
| <b>HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS</b> .....               | <b>v</b>   |
| <b>ÍNDICE GENERAL</b> .....                               | <b>vi</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                            | <b>x</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLA</b> .....                              | <b>xii</b> |
| <b>RESUMEN</b> .....                                      | <b>xiv</b> |
| <b>SUMMARY</b> .....                                      | <b>xv</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                 | <b>xvi</b> |
| <b>CAPÍTULO I:</b> .....                                  | <b>18</b>  |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....                    | <b>18</b>  |
| 1.1.    Planteamiento del problema de investigación ..... | 18         |
| 1.2.    Formulación y sistematización del problema .....  | 20         |
| 1.2.1.    Problema general .....                          | 20         |
| 1.2.2.    Problemas específicos.....                      | 20         |
| 1.3.    Justificación .....                               | 20         |
| 1.3.1.    Social.....                                     | 20         |
| 1.3.2.    Práctica .....                                  | 21         |
| 1.3.3.    Metodológica .....                              | 21         |
| 1.4.    Delimitación .....                                | 22         |
| 1.4.1.    Delimitación espacial .....                     | 22         |
| 1.4.2.    Delimitación temporal .....                     | 22         |
| 1.4.3.    Delimitación geográfica .....                   | 22         |
| 1.4.4.    Delimitación económica.....                     | 23         |
| 1.5.    Limitaciones .....                                | 23         |
| 1.6.    Objetivos .....                                   | 23         |
| 1.6.1.    Objetivo general .....                          | 23         |
| 1.6.2.    Objetivos específicos.....                      | 23         |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                                  | <b>25</b>  |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....                                | <b>25</b>  |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 2.1.                                   | Antecedentes .....                                    | 25        |
| 2.1.1.                                 | Antecedentes internacionales .....                    | 25        |
| 2.1.2.                                 | Antecedentes Nacionales .....                         | 27        |
| 2.2.                                   | Marco conceptual .....                                | 30        |
| 2.2.1.                                 | El módulo de reacción o coeficiente de balasto .....  | 30        |
| 2.2.2.                                 | Suelos arcillosos .....                               | 31        |
| 2.3.                                   | Definición de términos .....                          | 57        |
| 2.4.                                   | Hipótesis .....                                       | 59        |
| 2.4.1.                                 | Hipótesis general: .....                              | 59        |
| 2.4.2.                                 | Hipótesis específicas: .....                          | 60        |
| 2.5.                                   | Variables: .....                                      | 60        |
| 2.5.1.                                 | Definición conceptual de las variables: .....         | 60        |
| 2.5.2.                                 | Definición operacional de la variable: .....          | 61        |
| <b>CAPÍTULO III</b>                    | <b>.....</b>  | <b>63</b> |
| <b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> | <b>.....</b>  | <b>63</b> |
| 3.1.                                   | Método de investigación.....                          | 63        |
| 3.2.                                   | Tipo de investigación.....                            | 63        |
| 3.3.                                   | Nivel de investigación.....                           | 63        |
| 3.4.                                   | Diseño de Investigación .....                         | 64        |
| 3.5.                                   | Población y muestra.....                              | 64        |
| 3.5.1.                                 | Población.....  | 64        |
| 3.5.2.                                 | Muestra .....   | 65        |
| 3.6.                                   | Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... | 65        |
| 3.7.                                   | Técnicas e procesamiento y análisis de datos .....    | 65        |
| 3.8.                                   | Análisis de datos: .....                              | 66        |
| <b>CAPÍTULO IV</b>                     | <b>.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>RESULTADOS</b>                      | <b>.....</b>  | <b>67</b> |
| 4.1.                                   | Generalidades del proyecto:.....                      | 67        |
| 4.1.1.                                 | Geografía: .....                                      | 67        |
| 4.1.2.                                 | Población:.....                                       | 67        |
| 4.1.3.                                 | Clima y agricultura: .....                            | 68        |
| 4.1.4.                                 | Turismo y comercio: .....                             | 68        |
| 4.2.                                   | Estudio de mecánica de suelos: .....                  | 68        |

|                                |   |            |
|--------------------------------|---|------------|
| 4.2.1.                         | Cálculo del coeficiente de balasto según el tipo de suelo: .....                  | 69         |
| 4.3.                           | Cálculo del coeficiente de balasto según la capacidad de soporte<br>CBR:.....     | 76         |
| 4.3.1.                         | Cálculo del coeficiente de balasto según la capacidad portante: 77                |            |
| 4.3.2.                         | Resumen del coeficiente de balasto por los métodos estudiados: ..<br>.....        | 80         |
| 4.3.3.                         | Calculo de los coeficientes de balasto para un área de carga: ...                 | 81         |
| 4.3.4.                         | Coeficiente de balasto para un área de carga según el tipo de suelo:<br>.....     | 84         |
| 4.3.5.                         | Coeficiente de balasto para un área de carga según el CBR: .....                  | 85         |
| 4.3.6.                         | Coeficiente de balasto para un área de carga según la capacidad<br>portante:..... | 86         |
| 4.4.                           | Análisis de los coeficientes de balasto en una cimentación superficial:<br>.....  | 86         |
| 4.4.1.                         | Modelamiento de la cimentación en el software safe 2016: .....                    | 86         |
| 4.4.2.                         | Resultados de la cimentación superficial: .....                                   | 95         |
| 4.5.                           | Contrastación de pruebas hipótesis .....  | 99         |
| 4.5.1.                         | Paso: Formulación de la hipótesis .....   | 100        |
| 4.5.2.                         | Paso: Elección del estadístico .....  | 100        |
| 4.5.3.                         | Determinación de la región crítica: .....   | 101        |
| 4.5.4.                         | Cálculo del valor del estadístico por la prueba “t”: .....                        | 101        |
| 4.6.                           | Contrastación de pruebas hipótesis específica.....                                | 102        |
| 4.6.1.                         | Paso: Formulación de la hipótesis .....   | 102        |
| 4.6.2.                         | Paso: Elección del estadístico .....  | 103        |
| 4.6.3.                         | Determinación de la región crítica: .....   | 103        |
| 4.6.4.                         | Cálculo del valor del estadístico por la prueba “t”: .....                        | 104        |
| <b>CAPÍTULO V</b>              | .....   | <b>106</b> |
| <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> | .....   | <b>106</b> |
| 5.1.                           | Descripción de los resultados.....  | 106        |
| 5.1.1.                         | Comparación de presiones: .....   | 107        |
| 5.1.2.                         | Comparación de asentamientos o deformaciones: .....                               | 108        |
| <b>CONCLUSIONES</b>            | .....   | <b>109</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>         | .....   | <b>110</b> |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| <b>BILIOGRAFIA .....</b> | <b>111</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>      | <b>113</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Ubicación del lugar donde se realizó el trabajo de investigación..... | 22 |
| Figura 2 Ensayo de plato de carga .....  | 30 |
| Figura 3 Coeficiente de balasto .....  | 30 |
| Figura 4 Relación entre el asentamiento medido en un ensayo .....              | 35 |
| Figura 5 De los moldes en relación a los valores de K.....                     | 37 |
| Figura 6 Estimación del coeficiente de balasto “k1” .....                      | 38 |
| Figura 7 Esfuerzo vs Penetración .....   | 42 |
| Figura 8 Relación entre el ángulo $\emptyset$ en condiciones drenadas .....    | 46 |
| Figura 9 Fundamentos de ingeniería geotécnica. ....                            | 51 |
| Figura 10 Fundamentos de ingeniería geotécnica. ....                           | 52 |
| Figura 11 Fundamentos de ingeniería geotécnica. ....                           | 53 |
| Figura 12 Nomograma de relación Coeficiente de Balasto .....                   | 75 |
| Figura 13 Modelamiento de vivienda unifamiliar .....                           | 82 |
| Figura 14 Zapatas de la vivienda unifamiliar .....                             | 82 |
| Figura 15 Exportando cargas al software safe .....                             | 86 |
| Figura 16 Definiendo concreto 210 .....  | 87 |
| Figura 17 Definiendo acero 4200 .....  | 87 |
| Figura 18 Definiendo zapata .....  | 88 |
| Figura 19 Definiendo columna .....   | 88 |
| Figura 20 Definiendo el suelo .....  | 89 |
| Figura 21 Z – 01 según capacidad portante.....                                 | 89 |
| Figura 22 Z – 01 según CBR .....   | 90 |
| Figura 23 Z – 01 según tipo de suelo.....                                      | 90 |
| Figura 24 Z – 02 según capacidad portante.....                                 | 90 |
| Figura 25 Z – 02 según CBR .....   | 91 |
| Figura 26 Z – 02 según tipo de suelo.....                                      | 91 |
| Figura 27 Z – 03 según capacidad portante.....                                 | 92 |
| Figura 28 Z – 03 según CBR .....   | 92 |
| Figura 29 Z – 03 según tipo de suelo.....                                      | 93 |
| Figura 30 Definiendo carga de servicio.....                                    | 93 |
| Figura 31 Apoyo en el suelo según capacidad portante.....                      | 94 |
| Figura 32 Apoyo en el suelo según CBR .....                                    | 94 |

Figura 33 Apoyo en el suelo según tipo de suelo .....95

## ÍNDICE DE TABLA

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Especificaciones para la prueba Proctor Estándar .....                         | 40 |
| Tabla 2 Especificaciones para la prueba Proctor Modificado .....                       | 41 |
| Tabla 3 Lecturas para definir el CBR .....   | 42 |
| Tabla 4 Relaciones aproximadas para el Angulo de fricción interna en arcillas<br>..... | 46 |
| Tabla 5 Relaciones aproximadas para el ángulo de fricción interna en arenas.<br>.....  | 47 |
| Tabla 6 Densidades volumétricas, aproximados en suelos naturales. ....                 | 48 |
| Tabla 7 Densidades volumétricas, aproximados en suelos secos máximos.....              | 48 |
| Tabla 8 Factores de capacidad portante según terzaghi. ....                            | 50 |
| Tabla 9 Presiones admisibles usuales en arena. ....                                    | 50 |
| Tabla 10 Presiones admisibles usuales en arcilla. ....                                 | 51 |
| Tabla 11 Operacionalización de la variable independiente.....                          | 61 |
| Tabla 12 Determinación muestra con el # de calicatas .....                             | 69 |
| Tabla 13 Contenido de humedad .....  | 69 |
| Tabla 14 Limite liquido .....  | 70 |
| Tabla 15 Limite plástico .....   | 70 |
| Tabla 16 Índice de plasticidad.....  | 71 |
| Tabla 17 Análisis granulométrico .....   | 72 |
| Tabla 18 Porcentaje de suelo .....   | 72 |
| Tabla 19 Tipo de suelo según SUCS .....  | 73 |
| Tabla 20 Resultados del CBR .....  | 74 |
| Tabla 21 Coeficiente de balasto según el tipo de suelo .....                           | 75 |
| Tabla 22 Coeficiente de balasto según el CBR .....                                     | 76 |
| Tabla 23 Cohesión y ángulo de fricción .....   | 77 |
| Tabla 24 Capacidad portante .....  | 78 |
| Tabla 25 Valores de módulo de reacción de suelo para una superficie de apoyo<br>.....  | 79 |
| Tabla 26 Coeficiente de balasto según la capacidad portante .....                      | 80 |
| Tabla 27 Coeficiente de balasto por diferentes métodos.....                            | 80 |
| Tabla 28 Cargas de las zapatas.....  | 83 |
| Tabla 29 Dimensiones de las zapatas .....  | 84 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 30 Área de carga según tipo de suelo .....            | 85  |
| Tabla 31 Área de carga según el CBR.....                    | 85  |
| Tabla 32 Presiones según el tipo de suelo.....              | 96  |
| Tabla 33 Deformación según el tipo de suelo .....           | 96  |
| Tabla 34 Presiones según el CBR .....                       | 97  |
| Tabla 35 Deformación según el CBR.....                      | 98  |
| Tabla 36 Presiones según la capacidad portante.....         | 98  |
| Tabla 37 Deformación según la capacidad portante .....      | 99  |
| Tabla 38 Se acepta o rechazar la hipótesis nula.....        | 100 |
| Tabla 39 Se acepta o rechazar la hipótesis nula .....       | 103 |
| Tabla 40 Presiones de los tres métodos estudiados .....     | 106 |
| Tabla 41 Presiones de los tres métodos estudiados .....     | 107 |
| Tabla 42 Asentamientos de los tres métodos estudiados ..... | 108 |

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulada: **“RELACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO”**, tuvo como problema principal: ¿Qué relación existe entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo?, de la misma manera tuvo su objetivo general: Determinar la relación de la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo., el mismo que llego a la hipótesis general: La caracterización de los suelos influye significativamente en el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.. Con respecto a la metodología se definió que el método de investigación: fue el método cuantitativo, así como el tipo de investigación aplicada, y el nivel de investigación Descriptivo – correlacional, donde se tuvo un diseño de investigación pre experimental y la población estará determinada por el área accesible de la urbanización de WAYRA del distrito de Pilcomayo, la cual presenta un área superficial de 0.80 km<sup>2</sup> y La Muestra será no probabilística, el tipo de muestreo será por conveniencia donde se realizaron 3 calicatas de observación. Llegando a la conclusión general: La caracterización de los suelos tiene relación directa en la obtención del coeficiente de balasto ya que estos varían de acuerdo a sus diversas características tanto físicas como mecánicas; pero también de la elección del método de estimación con la que se va a evaluar, esto debido a su influencia en el comportamiento de la cimentación superficial tanto en las presiones sobre las zapatas como en las deformaciones o asentamiento.

**Palabras clave:** coeficiente de balasto, caracterización del suelo

## SUMMARY

The present research work entitled: **"RELATION OF THE CHARACTERIZATION OF SOILS WITH THE COEFFICIENT OF BALLAST IN THE DISTRICT DEPILCOMAYO"**, had as main problem: What relationship exists between the characterization of the soils and the coefficient of ballast in the district of Pilcomayo ?, in the same way had its general objective: To determine the relationship of the characterization of the soils and the ballast coefficient in the district of Pilcomayo., The same that reached the general hypothesis: The characterization of the soils significantly influences the ballast coefficient in the district of Pilcomayo. Regarding the methodology, it was defined that the research method was the quantitative method, as well as the type of applied research, and the Descriptive-correlational research level, where there was a pre-experimental research design and the population will be determined by the accessible area of the WAYRA urbanization of the Pilcomayo district, the which presents a surface area of 0.80 km<sup>2</sup> and the Sample will be non-probabilistic, the type of sampling will be for convenience where 3 observation pits were made. Reaching the general conclusion: The characterization of the soils has a direct relationship in obtaining the ballast coefficient since these vary according to their various physical and mechanical characteristics; but also the choice of the estimation method with which it is going to be evaluated, this due to whether it influences the behavior of the surface foundation both in the pressures on the footings and in the deformations or settlement.

**Keywords:** ballast coefficient, soil characterization,

## INTRODUCCIÓN

En la gran mayoría de proyectos de ingeniería civil, es necesario conocer el comportamiento entre el suelo y la estructura, anteriormente no se tomaba en cuenta este criterio por tal motivo se cometía muchos errores en los cálculos que al final nos provocaba fallas o incluso el colapso de las edificaciones. Para mejorar la relación entre el suelo y la estructura debemos determinar el coeficiente de balasto, tipo de suelo, capacidad portante del terreno, etc., con estos datos se puede diseñar e interaccionar el suelo con la cimentación en el momento de realizar un diseño. Los asentamientos o deformación que sufre el terreno al soportar las cargas de una estructura es uno de los problemas más importantes en la ingeniería, ya que es uno de los motivos que ocasiona el colapso de las edificaciones durante un movimiento sísmico.

La presente investigación está estructurada en cinco capítulos, los mismos que están desarrollados de la siguiente manera:

- **En el Capítulo I:** Planteamiento del problema; donde se plantea el problema general y los problemas específicos, los objetivos tanto el general como los específicos, la justificación práctica y metodológica y, por último, la delimitación espacial y temporal.
- **En el Capítulo II:** Marco teórico; se desarrolla los estudios previos y la literatura necesaria para nuestra investigación mediante los antecedentes como el marco conceptual.
- **En el Capítulo III:** Metodología; se plantea la estructura medular de una investigación con el tipo de estudio, nivel de estudio, diseño de estudio y técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

- **En el Capítulo IV:** Resultados; en este capítulo se muestra los resultados obtenidos de la investigación en cada proceso que tiene el trabajo de investigación.
- **En el Capítulo V:** Discusión; en este capítulo se muestra la discusión de resultado con otras investigaciones previas para encontrar la diferencia o la similitud de las conclusiones para enriquecer el método científico.

**El Autor (a)**

## **CAPÍTULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento del problema de investigación**

En Tenerife, España en el año 2016 un edificio colapso en una zona residencial tras detectarse un mal diseño de las cimentaciones. Según el profesor de Ingeniería Civil, Anthony Ede, de la Universidad de Ota, Nigeria, el cual afirma que en la realización de una construcción debe ser fundamental : la solidez del suelo y el peso del edificio junto a su contenido.

Fuente BBC

En Ecuador el año 2016, un sismo de magnitud 7,8 grados ocurrido, dejó como saldo más de 600 muertos. Según el Ingeniero Enrique García, experto en daño sísmico, uno de los pecados de la construcción sería la no realización de estudios o ensayos de suelos para el diseño de las cimentaciones . Fuente BBC

En Lima Perú, según estudios realizados por el Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), se prevé que para un sismo telúrico de 8 Mw, se estiman 122,541 viviendas destruidas y 193,489 inhabitables. Al respecto , Manuel Olcese, jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la PUCP , y Jorge Zegarra, vicepresidente de la Asociación Peruana de Ingeniería Geotécnica” (APGEO), señalan que se puede construir en cualquier superficie. La única Limitación es económica; es decir, en

algunos casos, la cimentación puede costar más por el tipo de suelo que se encuentre . Fuente: Andina.pe

En Huancayo Junín, se determinó que más del 40% de las construcciones son informales; Para una edificación, el suelo debe tener una capacidad portante mayor a 1.0, si es menor, se deben hacer planos con arquitectos y estudios de ingenieros civiles para evitar un colapso o rajaduras , indico el subgerente de Desarrollo Urbano de Chilca Sacarías Chupayo. Fuente: Diario Correo

Para la presente investigación que busca evaluar la relación de la caracterización de los suelos con el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo de la provincia de Huancayo región de Junín, Donde se identifican los procesos constructivos deficientes con una adecuada falta de técnica sobre el estudio de los suelos lo cual conlleva a tener deficiencias en los procesos constructivos y así mismo malos diseños en las cimentaciones de las edificaciones , por lo cual durante el desarrollo de la investigaciones encontramos que el balasto es uno de los métodos que nos ayuda en la interacción existente entre el suelo y la estructura cuando diseñamos una cimentación la cual considera al suelo como un medio elástico, por medio de un parámetro conocido como el coeficiente de balasto o módulo de winkler , dicho parámetro depende del tipo de terreno. Determinar el coeficiente de balasto es de mucha importancia, pero aun cuando se tiene establecido que para su determinación se hace a partir del ensayo de carga, que consiste en aplicar una serie de cargas sobre una placa que está sobre el terreno , con lo que nos permite determinar el

esfuerzo-deformación en estado elástico, elegir un valor no es nada sencillo.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Qué relación existe entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Qué relación existe entre el coeficiente de balasto y las características físicas mecánicas del suelo?
- b) ¿Qué relación existe entre el coeficiente de balasto y los métodos estudiados en las características físicas mecánicas del suelo?
- c) ¿Qué relación existe entre la relación de los coeficientes de balastos calculados según métodos estudiados y una adecuada cimentación superficial en el distrito de Pilcomayo?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social**

Esta investigación nos ayudara a entender las implicaciones de los diversos métodos que existen para determinar el coeficiente de balasto del suelo para cimentaciones superficiales, ampliando el conocimiento sobre la obtención de esta propiedad ya que, al ser un valor de gran importancia, son relativamente pocos los profesionales que tienen la

oportunidad de emplearlos e investigar para mejorar los comportamientos en el diseño de cimentaciones superficiales .

Así mismo servirá para mejorar la calidad de las edificaciones e infraestructuras aledañas especialmente instituciones educativas, centros de salud, edificios multifamiliares, etc., con lo que se trata de garantizar la seguridad de la población de la urbanización y alrededores.

### **1.3.2. Práctica**

Los resultados de esta investigación evitara generar sobrecostos y malos diseños en futuras cimentaciones en edificaciones que podrían generar adicionales de obras y costos mayores debido a vicios ocultos.

### **1.3.3. Metodológica**

La presente investigación permitirá ver la relación que existe entre el coeficiente de balasto y la caracterización de los suelos en el distrito de Pilcomayo, todo esto basado en fundamentación teórica y matemática para los cálculos que evidenciaran la hipótesis de esta investigación y de esta manera se establecerá como línea de referencia para clasificar y parametrizar los elementos a evaluar, así mismo mediante un análisis teórico que permitirá evaluar resultados con relación al ser utilizado como precedente metodológico para otras investigaciones a fin de continuar con el aporte a la generación de conocimientos.

## 1.4. Delimitación

### 1.4.1. Delimitación espacial

La presente investigación se delimitó espacialmente en el distrito de Pilcomayo y la provincia de Huancayo ubicado en el departamento de Junín.

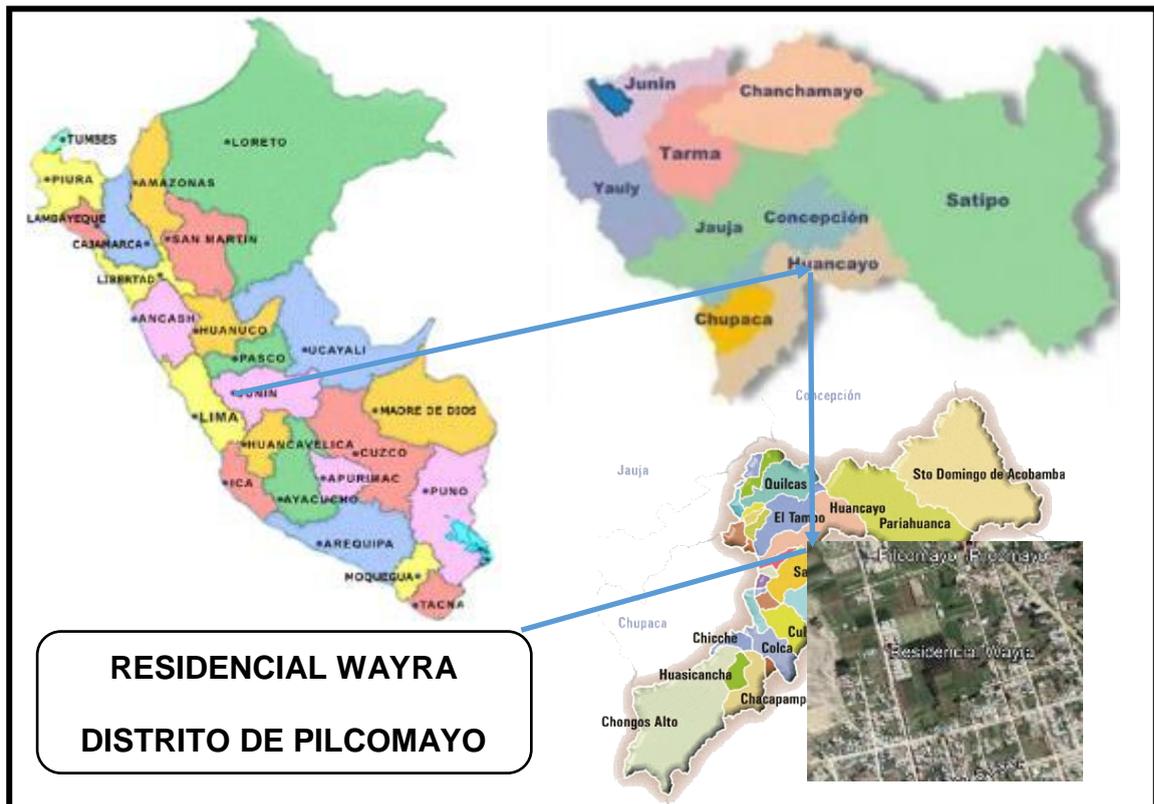


Figura 1 Ubicación del lugar donde se realizó el trabajo de investigación.

### 1.4.2. Delimitación temporal

La presente investigación se propuso el desarrollo desde Junio del 2020 hasta Octubre del 2020.

### 1.4.3. Delimitación geográfica

La presente investigación se encuentra ubicado en:

- Departamento : Junín

- Provincia : Huancayo
- Distrito : Pilcomayo
- Lugar : Calicata 01 Pasaje Salazar N° 481

Calicata 02 Complejo Polideportivo Ramón Castilla

Calicata 03 Jr. Cementerio esquina con Av. Independencia.

#### **1.4.4. Delimitación económica**

La presente investigación se realizó con los gastos propios del investigador, que asciende a s/. 6800.00 soles.

### **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones en la presente investigación se señalan en la falta de interés de las autoridades por promover la investigación y así mejorar los procesos constructivos en el Distrito.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la relación que existe entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.

#### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar qué relación existe entre el coeficiente de balasto y las características físicas mecánicas del suelo.

- b) Determinar qué relación existe entre el coeficiente de balasto y los métodos estudiados en las características físicas mecánicas del suelo.
  
- c) Determinar qué relación existe entre la relación de los coeficientes de balastos calculados según métodos estudiados y una adecuada cimentación superficial en el distrito de Pilcomayo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

- a) Núñez, (2014)** realizó la investigación **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELACIÓN DE PILOTES CON MÉTODOS DE COEFICIENTE DE BALASTO Y ELEMENTOS FINITOS en la UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE”**. La interacción entre el suelo y la estructura cobra relevancia cuando se quiere realizar una modelación que se acerque a la realidad y la gran cantidad de variables que intervienen en el problema hace que sea difícil predecir con cierta precisión cómo va a actuar la fundación ante las cargas solicitantes, más cuando se presenta un evento sísmico y en condiciones adversas del suelo cerca de la superficie, donde se requiere la implementación de fundaciones profundas. La complejidad que presentan ambos modelos, coeficiente de balasto y elementos finitos, es claramente una diferencia significativa. El método de elementos finitos a pesar de ser bastante completo, resulta complejo, pudiendo parecer engorroso si se cuenta con tiempos de cálculo muy cortos, debiendo tomarse las precauciones y decisiones necesarias al momento de elegir el modelo

constitutivo que se quiere usar, dando énfasis a una correcta determinación de los parámetros que definen el comportamiento del suelo, dado que con una mala estimación se pueden obtener resultados completamente incoherentes, lo que llevaría a alargar los tiempos de cálculo.

- b) **Cortés, (2010)** realizó la investigación **“ESTUDIO EXPLORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTO A PARTIR DE ENSAYOS EN LABORATORIO PARA SUELOS COHESIVOS”**. En esta investigación el coeficiente de balasto fue determinado con el ensayo de carga, por lo que el objetivo fue comparar los valores determinados con los de los ensayos de laboratorio, partiendo de las bases teóricas y datos experimentales. Además, se evaluó la posible relación que puede existir con un ensayo de carga uniaxial modelado en laboratorio, bajo las mismas condiciones de campo. De esto se llegó a concluir que el ensayo de laboratorio no proporciona directamente el valor del ensayo de campo, sino que se estableció como la mitad del valor del coeficiente de balasto determinado en laboratorio.
- c) **Pantoja, (2015)** realizó la investigación **“ESTUDIO SOBRE LA RELACIÓN ENTRE EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y EL COEFICIENTE DE BALASTO (K) PARA SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS EN LA ZONA DE EXPANSIÓN**

**URBANA DE CERRITOS-PEREIRA”**. En esta investigación el objetivo fue buscar una posible relación entre el coeficiente de balasto y el ensayo de penetración estándar SPT para suelos derivados de ceniza volcánica. De esto se llegó a la conclusión que la relación entre el número de golpes corregido N45 del ensayo SPT y el coeficiente de balasto son estadísticamente escaso por que no se cuenta con suficientes resultados, sin embargo, el comportamiento de esta relación es polinómico más que lineal. Finalmente, la comparación obtenida de los ensayos de campo STP y placa de carga, resulto en una posible correlación mediante una ecuación polinómica, dependiente del N45 corregido. También se concluyó que esta relación encontrada seria aplicada a una profundidad de 1.50 metros.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

- a) **Socualaya, (2017)** realizo la investigación **“CARACTERIZACIÓN DE SUELOS PARA LA OBTENCIÓN DE COEFICIENTE DE BALASTO, DISTRITO SAN AGUSTÍN DE CAJAS, AÑO 2017”** en la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ. La obtención del coeficiente de balasto (Ks) varía de acuerdo a las diversas características que pueda presentar el suelo, pero también de la elección del método de estimación con la que vamos a evaluar, esto debido a su incidencia en el comportamiento de la cimentación; por lo tanto, podemos decir que es evidente que la caracterización del suelo y la elección del método de estimación influye directamente en la obtención del coeficiente de balasto. Palabras claves:

Caracterización del suelo, valor relativo de soporte CBR, capacidad admisible, coeficiente de balasto de la cimentación, deformación de la cimentación.

- b) **Freire, (2010)** realizó la investigación “**PRECISIONES PARA EL EMPLEO DEL MÉTODO DEL MÓDULO DE BALASTO EN EDIFICACIÓN**” en la Universidad Nacional de Huancavelica. Este artículo muestra las herramientas informáticas que permiten el cálculo conjunto de la estructura y cimentación, lo que introduce un mayor grado de precisión en el dimensionado de ambas. Obviamente, esta técnica implica la modelización del terreno como requisito, modelización que frecuentemente ha sido resuelta recurriendo al método del módulo de balasto. En última instancia, la precisión del modelo de cálculo así generado va a depender del ajuste entre el comportamiento del terreno real y el representado por el modelo. Desgraciadamente, pese a su trascendencia, el problema no recibe un tratamiento adecuado en los manuales. Llegando a la conclusión de: primer condicionante que surge es conseguir una modelización del suelo adecuada. En numerosos casos, “este problema se ha resuelto recurriendo al método del módulo de balasto, bien conocido y único del que se posee contraste práctico. Desgraciadamente, las referencias que los manuales de los programas informáticos ofrecen sobre este aspecto son muy escasas, siendo sin embargo un problema trascendente para la consecución de un modelo afinado.

c) **Toledo, (2005)** realizó la investigación “**EL COEFICIENTE DE BALASTO EN LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA**” en la Universidad Nacional de Cajamarca. En esta investigación el coeficiente de balasto fue determinado mediante el ensayo de carga, además se tuvo como objetivo usar este parámetro en un modelo estructural de un proyecto educativo, que agrupe tanto la subestructura como la superestructura, para luego comparar con modelos independientes entre subestructura y superestructura. Una conclusión de esta investigación es que en el ensayo de carga se observa que a medida incrementa la carga, la pendiente de la curva disminuye, por lo que también el coeficiente de balasto se va reduciendo, esto luego de pasar el rango inelástico del material. Otra conclusión es en el análisis estructural donde los valores de los momentos de los elementos del edificio analizado como estructura sobre apoyos reales, se aprecia que en la viga eje “c” hay una variación en un 16% en los momentos positivos y un 29% en los negativos de los voladizos, con respecto al analizado como simplemente empotrado, pudiéndose variar estos porcentajes a medida de las características geotécnicas del suelo y la magnitud del edificio, ya que estos momentos pueden incrementarse si se obtiene un coeficiente de balasto del suelo muy bajo.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. El módulo de reacción o coeficiente de balasto

El módulo de reacción o coeficiente de balasto se define como: la relación entre la tensión capaz de generar una penetración de la placa en el terreno de 0,05" que equivale a una deformación de 0,127 cm, es decir que este coeficiente es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva tensión – deformación que genera un asentamiento de la placa de 0,127 cm, como se aprecia en la figura adjunta.

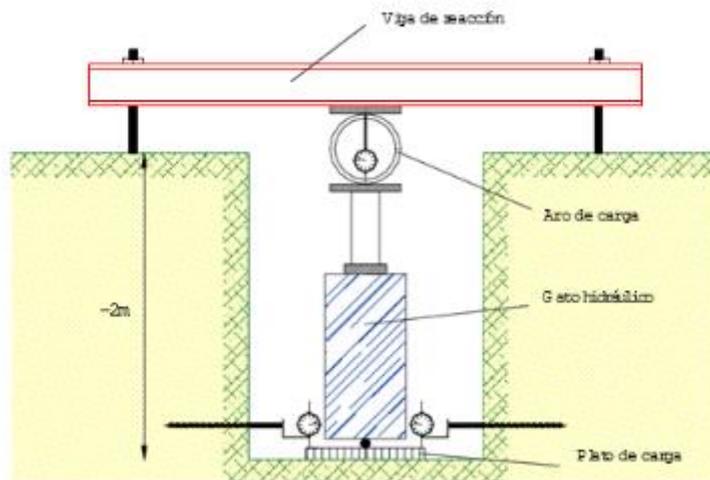


Figura 2 Ensayo de plato de carga

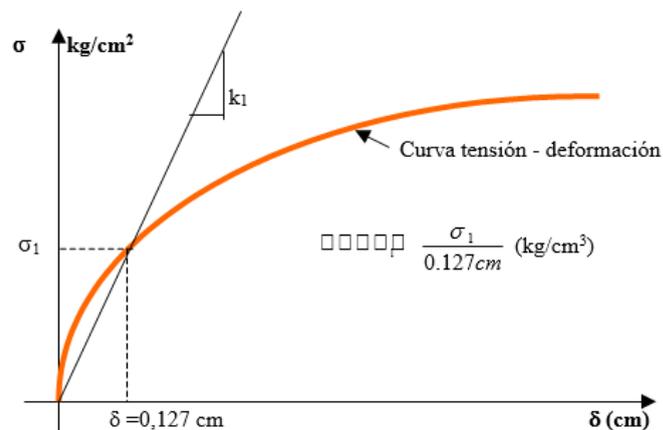


Figura 3 Coeficiente de balasto

Los resultados de estos ensayos se expresan con la letra k donde por lo general se asocia el subíndice 1 adosado a la letra k, para indicar que el valor corresponde a una placa rígida de  $1 \text{ pie}^2$   $k_1$ .

Desde la masificación de los ordenadores electrónicos y el advenimiento de los métodos numéricos en el cálculo de las transferencias de carga de las estructuras a los suelos, la interpretación de este fenómeno a partir de apoyos elásticos discretos, ha facilitado enormemente la interpretación de este fenómeno de transferencia de carga entre el suelo y la estructura. Si tenemos una base de ancho “B” y de longitud “L” cargada con una carga “Q” y apoyada a una profundidad “D” en un terreno elástico, uniforme, con un módulo de deformación constante “E”, que transmite al terreno donde se apoya una tensión q podremos decir que el asentamiento que la misma experimentará, por deformación elástica del terreno, puede ser aproximado por la expresión:

$$y = \frac{q \cdot B}{E} \cdot (1 - \nu^2) I$$

donde V es el coeficiente de Poisson, mientras que I es un coeficiente que tienen en cuenta la forma del área cargada y la rigidez de la base. Considerando lo expresado anteriormente, el Módulo de Reacción nos quedaría expresado como:

$$k = \frac{q}{y} = \frac{E}{B(1 - \nu^2) I} = \text{Cte.} \frac{E}{B}$$

### 2.2.2. Suelos arcillosos

Si tenemos una placa cuadrada (B = L), apoyada en la superficie (D = 0),

sobre un suelo arcilloso que consideraremos que tiene una humedad elevada que nos permite considerarlo incompresible frente a una sollicitación instantánea ( $v = 0,5$ ), tendremos entonces que la expresión (1) se transforma en:

$$y = \frac{q \cdot B}{E} \times 0,75 \times 0,885$$

Por lo tanto:

$$k = \frac{q}{y} = Cte \times \frac{E}{B}$$

De donde resulta la siguiente ecuación aproximada:

$$k = 1,5 \frac{E}{B}$$

Por lo tanto, para una arcilla saturada, donde prácticamente no se producirán deformaciones volumétricas durante la aplicación de la carga que genera el asentamiento instantáneo, podremos decir que la expresión anterior es válida.

#### **A. Suelos granulares**

Para mantos granulares donde el coeficiente  $k$  es inferior a 0,50 (se aproxima a 0,4 o 0,3) y donde por lo tanto existe una deformación volumétrica, aún para una deformación instantánea del material, esta expresión toma la siguiente forma:

$$k = 1,30 \cdot \frac{E}{B}$$

Sin embargo, se ha visto en la práctica, que para suelos granulares, la aplicación de la expresión (3) da resultados elevados y que se consiguen resultados más cercanos a la realidad cuando la constante 1,3 es reemplazada por 0,7, es decir para:

$$k = 0,70 \cdot \frac{E}{B}$$

Para **suelos cohesivos** podremos utilizar la ecuación (2 bis) para determinar el valor de k-cuadrada para una base cuadrada de lado B B= / 30 cm. También si necesitamos conocer cuál será el valor de k para una base rectangular de ancho B y largo L en la que L/B > 1, tendremos primero que obtener el valor de k-cuadrada dado por la ecuación (2) para una base cuadrada de lado B, donde el valor de B será igual al lado menor de la base rectangular y luego multiplicar este valor de k-cuadrada por la siguiente relación de lados:

$$k = k_{cuadrada} \cdot \left( \frac{L + 0,5 \cdot B}{1,5 \cdot L} \right)$$

Si se trata de una placa rectangular, donde L >> B apoyada en la superficie, esta expresión en el límite para L -> de tal forma que el término B/2 se pueda despreciar, se transforma en el límite en:

Donde B = Lado menor de la base

$$k = \frac{k_{cuadrada}}{1,5} = 1,5 \cdot \frac{E}{1,5 \cdot B} = \frac{E}{B}$$

Cuando se trata de **suelos granulares** sin cohesión, apoyado en la

superficie, el valor de k para una base cuadrada de ancho B, puede ser estimado a partir de la siguiente expresión :

$$k = k_1 \cdot \left[ \frac{B + 30}{2 \cdot B} \right]^n$$

Dónde: B se expresa en cm y  $k_1$  representa el valor obtenido con un ensayo de plato de carga de 30 cm de lado que también puede ser calculado con la ecuación (2bis) y se expresa en  $\text{kg/cm}^3$  El valor del exponente n varía entre  $2 < n < 3$  Cuando la base se apoya a una profundidad D , se podrá utilizar la siguiente expresión:

$$k = k_1 \cdot \left[ \frac{B + 30}{2 \cdot B} \right]^n \cdot \left( 1 + 2 \cdot \frac{D}{B} \right)$$

Si tenemos una base rectangular de lados B x L y donde  $L > B$ , para conocer el valor del coeficiente de balasto tendremos que determinar el valor de k para una base cuadrada de lado B con la aplicación de la ecuación (6) y luego multiplicar este valor por la relación .

$$k = k_{\text{cuadrada}} \cdot \left( \frac{L + 0,5 \cdot B}{1,5 \cdot L} \right)$$

Consideramos ahora que tenemos una base cuadrada de lado  $B_1$  apoyada sobre un manto granular que frente a una tensión de apoyo q genera una deformación  $A_B$ . Supongamos además que hacemos un ensayo de plato de carga, con un plato de ancho  $B_p$ , tendremos :

$$k_2 = \frac{k_p}{4} \left( \frac{B_1 + B_p}{B_1} \right)^3 = \frac{k_p}{4} \left( 1 + \frac{B_p}{B_1} \right)^3$$

Donde obtenemos una expresión que nos permitirá calcular la deformación experimentada por la base real de ancho  $B_1$  conociendo el asentamiento que se produce en el plato de carga para la misma tensión  $q$ .

$$k = \frac{q}{\delta_B} = \frac{q}{4\delta_P} \left(1 + \frac{B_P}{B_1}\right)^2$$

$$\delta_B = \frac{4\delta_P}{\left(1 + \frac{B_P}{B_1}\right)^2}$$

En esta expresión se observa que el valor del asentamiento máximo  $B_1$  que experimentará una base de ancho " $B_1$ " de grandes dimensiones, se reduce en el límite, a:

$$\delta_B = 4\delta_P$$

En esta expresión se observa que el valor del asentamiento máximo  $\delta$  que experimentará una base de ancho  $B_1$  de grandes dimensiones donde se reduce en el límite, a:

$$k = \frac{k_1}{4} = 0.25.k_1$$

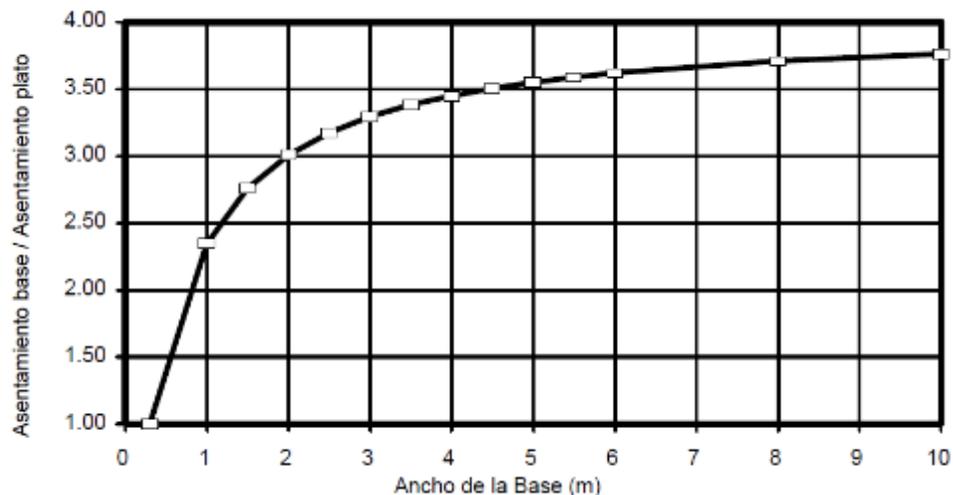


Figura 4 Relación entre el asentamiento medido en un ensayo

de plato de  $B = 0,305$  m y la base real de ancho "B1" apoyada superficialmente en mantos de arenas para la misma tensión aplicada.

Para **suelos arcillosos**, podemos conocer el valor de  $k$  para una base real de ancho  $B$  a partir del módulo de reacción determinado con un plato de carga  $k_1$  en el que el lado del plato utilizado es  $B_1 = 0,305$  m, sabiendo que en estos suelos si el manto es homogéneo y uniforme en profundidad, podemos considerar que el valor del módulo de elasticidad  $E$  se mantiene constante con lo cual tendríamos:

$$k_1 = 1,5 \frac{E}{B_1}$$

para el plato de carga donde  $B_1 = 30$  cm

$$k = 1,5 \frac{E}{B}$$

para la base de lado "B"

Podemos despejar el valor de  $E$  de cada ecuación e igualarlas con lo cual no queda:

$$k_1 \times B_1 = k \times B \quad k = k_1 \cdot \frac{B_1}{B}$$

En esta expresión se nota que el valor de  $k$  para una base de tamaño real donde el valor de  $B \gg 0,30$  m, se reduce a un valor prácticamente despreciable. Al analizar estas expresiones no tenemos que perder de vista el campo de aplicación de las mismas, en cada caso en particular. Fundamentalmente se deberá considerar la masa de suelos que se involucra dentro del bulbo de presiones generado, tanto por la placa de ensayo de  $B_1 = 30$  cm de lado como por la base de ancho  $B$ , y estar

seguros que los bulbos de tensiones que se desarrollan, se ubican dentro de masas de suelos de las mismas características mecánicas.

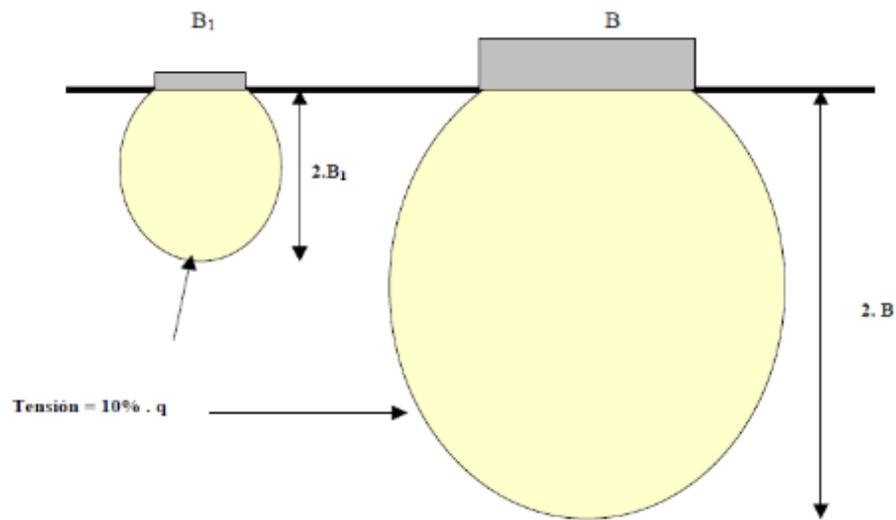


Figura 5 De los moldes en relación a los valores de K

A modo de referencia debemos tomar en consideración que el bulbo de igual tensión correspondiente al 10% de la tensión de contacto  $q$  generada por el apoyo de la base de ancho  $B$ , llega a una profundidad de dos veces el ancho de la misma. Sabemos que en los suelos granulares y en las arcillas blandas normalmente consolidadas, tal como las que se detectan en nuestra zona, formando parte de la Formación Post Pampeano.

$$E = Cte \cdot z$$

Donde  $z$  es la profundidad a la cual se la considera, esto nos lleva a tener que diferenciar los valores resultantes del Coeficiente de Balasto  $k$  según la presión de confinamiento a la que está sometido el manto que estamos estudiando, aceptando que la presión de confinamiento es una función directa de la presión efectiva de la tapada ( $\sigma_c = f(\sigma_v')$ )

Si consideramos que  $k$  también es directamente proporcional al módulo de elasticidad, e inversamente proporcional al ancho  $B$  de la placa que solicita al suelo tendremos:

$$k_v = Cte. \frac{z}{B}$$

A los efectos de poder estimar el valor de “ $k_{v1}$ ” en suelos granulares ubicados a poca profundidad, podemos considerar las curvas que se muestran en el gráfico de la figura N° 9, que fue construido con datos de la bibliografía internacional e interpretados matemáticamente, para valores de las arenas secas o húmedas y para las arenas saturadas, en función del índice corregido del ensayo SPT “ $N_c$ ”.

$$N_c = N_{SPT} \sqrt{\frac{1}{\sigma'_0}} \quad (\text{Donde } \sigma'_0 \text{ se debe expresar en kg/cm}^2)$$

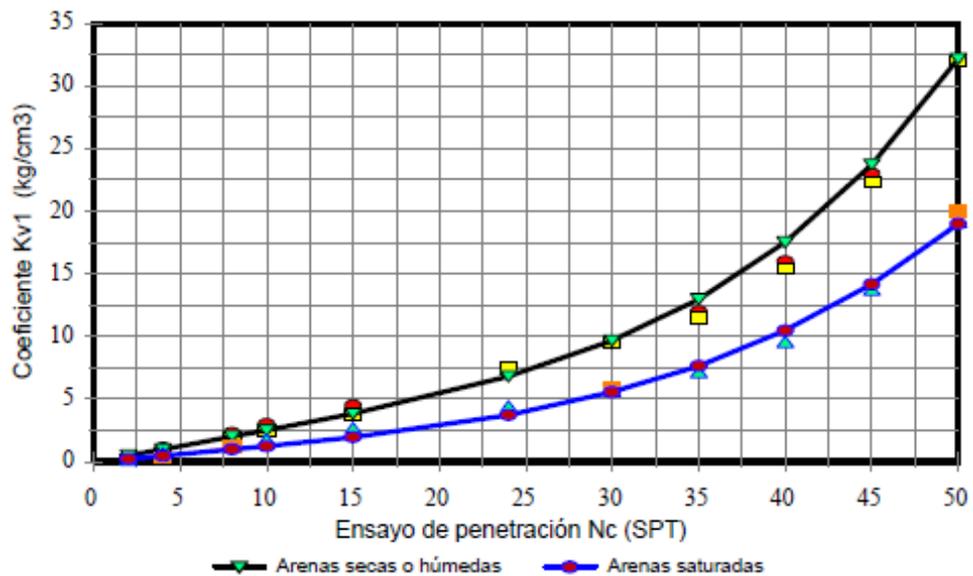


Figura 6 Estimación del coeficiente de balasto “ $k_1$ ” en arenas, en función del índice “ $N_c$ ” del ensayo SPT Estas curvas pueden ser aproximadas por las siguientes expresiones:

$$k_{v1} = (N_c \cdot 0,04)^{4,3} + N_c \cdot 0,25$$

(para arenas secas o húmedas)

$$k_{v_1} = (Nc \cdot 0,04)^{3,7} + Nc \cdot 0,12$$

(para arenas saturadas y sumergidas)

## **B. Características mecánicas del suelo**

### **a. Compactación de suelos**

La compactación de los suelos está relacionada con la resistencia, deformabilidad y estabilidad, lo que la hace una propiedad importante la cual está influenciado por la humedad, por lo que mediante esto se pretende mejorar las características en los suelos que presentan las carreteras. (Montejo, 2002 pág. 476).

En la compactación la humedad es de mucha importancia, ya que compactar un suelo seco con una determinada energía para vencer el rozamiento entre sus partículas, el mismo suelo ligeramente húmedo requerirá un menor esfuerzo, esto debido a que el agua funciona como un lubricante entre las partículas y así disminuyendo la fricción entre ellas. (Bañon, y otros, 2012 pág. 12).

### **b. Prueba de proctor estándar o normal**

En 1933 Ralph R. Proctor, determinó que hay una correspondencia entre las propiedades mecánicas del peso volumétrico seco de un suelo compactado y su resistencia. La prueba de Proctor Estándar, se realiza mediante el compactado de una muestra de suelo en un molde de volumen y diámetro estandarizados, al momento de realizar la prueba el molde y la base son unidas para luego

colocarle una extensión que viene a ser el collarín superior. Previamente se tiene que tener muestras de suelo preparados con diferentes contenidos de agua, para luego ser compactadas en tres capas de igual volumen por medio de un pisón que transmitirá 25 golpes por capa. (Das, 2013 pág. 92).

Tabla 1  
Especificaciones para la prueba Proctor Estándar

| Descripción                | Método A  | Método B   | Método C   |
|----------------------------|---|--|--|
| Molde (Ø mm)               | 4 pulg. de diámetro (101.6mm)   | 4 pulg. de diámetro (101.6mm)  | 6 pulg. de diámetro (152.4mm)  |
| Volumen (cm <sup>3</sup> ) | 943.3 cm <sup>3</sup>   | 943.3 cm <sup>3</sup>  | 2124 cm <sup>3</sup>   |
| Pisón ( N)                 | 24.4 N  | 24.4 N   | 24.4 N   |
| Altura de caída de pisón   | 304.8 mm  | 304.8 mm   | 304.8 mm   |
| Golpes/Capa                | 25  | 25   | 56   |
| Capas                      | 3   | 3  | 3  |
| Energía de compactación    | 591.3 KN-m/m <sup>2</sup>   | 591.3KN-m/m <sup>2</sup>   | 591.3 KN-m/m <sup>2</sup>  |
| Suelo a usar               | Porción que pasa la malla N <sup>o</sup> 4 (4.57mm). Se usa si 20% o menos por peso de material es retenido en la malla N <sup>o</sup> 4. | Porción que pasa la malla de 3/8" (9.5 mm). Se usa si el suelo retenido en la malla N <sup>o</sup> 4 (4.75 mm) es más del 20%, y 20% o menos por peso es retenido en la malla 3/8" (9.5 mm). | Porción que pasa la malla de 3/4" (19 mm). Se usa si más de 20% por peso del material es retenido en la malla de 3/8" (9.5 mm), y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 3/4" (19 mm). |

Fuente: Das, 2013.

### c. Prueba de proctor modificado

La prueba de Proctor Modificado, surge debido al desarrollo de rodillos pesados y el empleo en la compactación con el fin de representar mejor las condiciones de campo, esto llegando a modificar a la prueba de Proctor Estándar. La prueba de Proctor Modificado se realiza con un molde de volumen y diámetro estandarizados, sin embargo, el compactado del suelo es en cinco capas por un pisón que transmite 25 golpes por capa. (Das, 2013 pág. 98). Para distintas energías de compactación, se observa que

el punto de humedad óptimo varía en función de la energía que se le aplica a la muestra, esto debido al incremento del esfuerzo de compactación, la cual conllevan al peso unitario seco máximo incrementado del suelo. (Bañon, y otros, 2012 pág. 13).

Tabla 2  
Especificaciones para la prueba Proctor Modificado

| Descripción                | Método A  | Método B  | Método C   |
|----------------------------|---|---|--|
| Molde (Ø mm)               | 4 pulg. de diámetro (101.6mm)   | 4 pulg. de diámetro (101.6mm)   | 6 pulg. de diámetro (152.4mm)  |
| Volumen (cm <sup>3</sup> ) | 943.3 cm <sup>3</sup>   | 943.3 cm <sup>3</sup>   | 2124 cm <sup>3</sup>   |
| Pisón ( N)                 | 44.5 N  | 44.5 N  | 44.5 N   |
| Altura de caída de pisón   | 457.2 mm  | 457.2 mm  | 457.2 mm   |
| Golpes/Capa                | 25  | 25  | 56   |
| Capas                      | 5   | 5   | 5  |
| Energía de compactación    | 2696 KN-m/m <sup>3</sup>  | 2696 KN-m/m <sup>3</sup>  | 2696 KN-m/m <sup>3</sup>   |
| Suelo a usar               | Porción que pasa la malla N°4 (4.57mm). Se usa si 20% o menos por peso de material es retenido en la malla N°4. | Porción que pasa la malla de 3/8" (9.5 mm). Se usa si el suelo retenido en la malla N°4 (4.75 mm) es más del 20%, y 20% o menos por peso es retenido en la malla 3/8" (9.5 mm). | Porción que pasa la malla de 3/4" (19 mm). Se usa si más de 20% por peso del material es retenido en la malla de 3/8" (9.5 mm), y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 3/4" (19 mm). |

Fuente: Das, 2013.

#### d. CBR (California bearing ratio)

Siguiendo los procedimientos de la norma NTP 339.145 o ASTM D-1883, que indica que el valor de la relación de soporte conocido como C.B.R. (California Bearing Ratio) es un índice de resistencia del suelo, que se refiere a que el suelo se somete a la penetración de un vástago cilíndrico a una velocidad constante, cuyo resultado del índice CBR, nos dice que es la capacidad de soporte del suelo comparado con la de una grava patrón. Por cada espécimen de suelo se determinan dos valores de CBR, uno a 0.1 pulg. y a el otro a 0.2 pulg. de penetración. La norma ASTM D-1883 recomienda

usar el CBR a una penetración de 0.1 pulg. mientras este índice sea menor al de 0.2 pulg. Si el valor del CBR para 0.1 pulg. fuese mayor que el de 0.2 pulg., se tiene que volver a realizar el ensayo para ese espécimen .

$$CBR = \frac{\text{presión en muestra problema} \times 100}{\text{presión en muestra patron}}$$

Para poder definir la forma de la curva de esfuerzo se deben hacer estas lecturas de penetración.

Tabla 3  
Lecturas para definir el CBR

| Milímetros | Pulgadas |
|------------|----------|
| 0.63       | 0.025    |
| 1.27       | 0.050    |
| 1.90       | 0.075    |
| 2.54       | 0.100    |
| 3.17       | 0.125    |
| 3.81       | 0.150    |
| 5.08       | 0.200    |
| 7.62       | 0.300    |
| 10.16      | 0.400    |
| 12.70      | 0.500    |

Fuente: Manual de ensayos de materiales MTC, 2016.

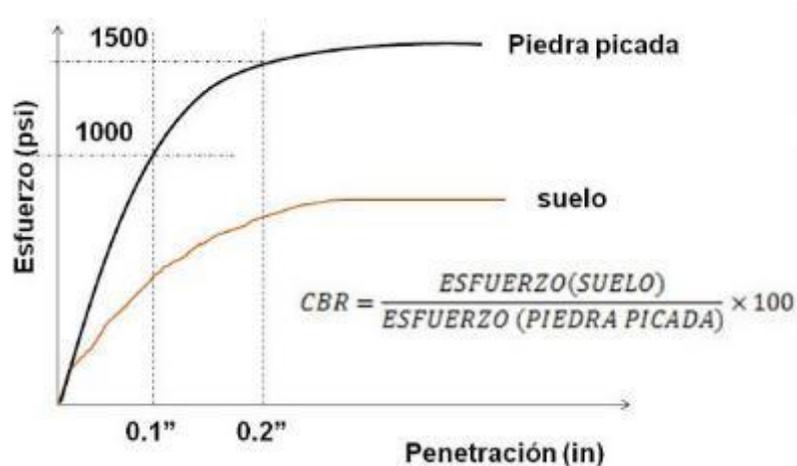


Figura 7 Esfuerzo vs Penetración (determinación del valor de soporte CBR). Fuente: Manual de ensayos de materiales MTC, 2016.

#### **e. Capacidad portante del suelo**

Las cimentaciones superficiales para que tengan un buen desempeño deben presentar dos características principales la cual uno es que tiene que ser seguras contra la falla general por corte del suelo que las soporta y segundo que no pueden experimentar un desplazamiento, o un asentamiento excesivo. (Das, 2011 pág. 113). La carga por área unitaria de la cimentación a la que ocurre la falla por corte de un suelo se le conoce como capacidad de carga ultima. Adicionalmente al incrementar la carga sobre la cimentación, este acompañara por un incremento en el asentamiento. Debido a ello la superficie de falla en el suelo se prolongará gradualmente hacia fuera desde la cimentación. El propósito del criterio de resistencia es de asegurar que la cimentación tenga la suficiente resistencia para poder soportar cargas considerables, que pueden ser producidos debido a fuerzas ambientales extremas o provenientes de otras fuentes. Cabe mencionar que las diversas teorías de capacidad de carga en suelos que se desarrollaron, estos intentan evaluar de manera realista la función de las propiedades mecánicas del suelo. (Das, 2011 pág. 113)

#### **f. Factores que afectan la capacidad portante**

Los factores que influyen en la determinación de la capacidad portante del suelo son parámetros geotécnicos como la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso específico del suelo, la

profundidad de la cimentación y las diversas geometrías que adopta la cimentación, que son de los que depende mucho la estabilidad y la toma de decisiones.

**g. Parámetros geotécnicos**

El ensayo de corte directo es una de las formas más fácil de realizar y determinar los parámetros geotécnicos como la fricción y la cohesión, pero tiene algunas limitantes, debido a que en esta prueba no se permite que el suelo falle a lo largo del plano más débil, sino que falla a lo largo del plano de división de la caja de corte. Por otra parte, la distribución del esfuerzo cortante no es uniforme sobre el plano de falla de la muestra, a pesar de todas las limitaciones mostradas, la prueba de corte directo es la más simple y económica para la determinación de estos parámetros. (Das, 2013 pág. 232).

**h. Angulo de fricción interna y cohesión**

La cohesión es la adherencia de las partículas del suelo debido a la atracción las fuerzas moleculares que estas presentan, mientras que el ángulo de fricción interna depende de la uniformidad de las partículas del suelo, de la forma y del tamaño de los granos. La determinación de estos parámetros se realiza mediante una gráfica a escala normal de las curvas de deformación. Donde se obtiene la máxima deformación horizontal. (Crespo, 2004).

Gráficamente se determinan el esfuerzo cortante ( $\tau$ ) y el esfuerzo normal " $\sigma_n$ ", mediante las expresiones:

$$\tau = \frac{P_h}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right) \quad \sigma_n = \frac{P_v}{A}$$

Donde:

P.v.: carga vertical aplicada (kg)

P.h.: carga horizontal aplicada (kg)

A.: área nominal de la muestra (cm<sup>2</sup>)

Los valores máximos obtenidos del esfuerzo cortante ( $\tau$ ) y el esfuerzo normal ( $\sigma_n$ ) de cada espécimen, son trazados sobre una gráfica y se obtiene una recta de tendencia de donde se determina la cohesión (C) que es el eje de la ordenada de la recta hasta el eje de la abscisa, y el ángulo de fricción ( $\emptyset$ ) es el ángulo que forma la horizontal con la recta formada entre los valores máximos.

El valor de  $\emptyset$  para estos materiales, amasados o en estado inalterado, está relacionado con el índice de plasticidad. Se pueden estimar valores aproximados con la ayuda de la figura que se muestra a continuación, a pesar de que la dispersión para la mayoría de las arcillas, puede ser del orden de 5°. Sin embargo, para una arcilla con un límite líquido de 426% proveniente de la ciudad de México, se obtuvo un valor alto de  $\emptyset = 47^\circ$ . Lo cual resulta que la relación estadística representada por la figura mostrada no es de validez general y por tanto debe ser usada con mucha precaución. (Terzaghi, y otros, 1978).

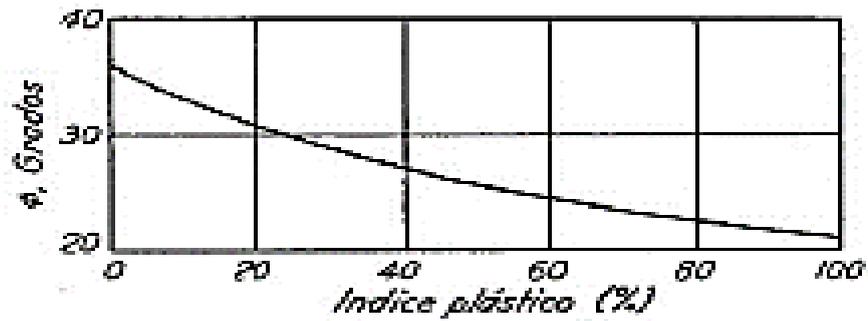


Figura 8 Relación entre el ángulo  $\phi$  en condiciones drenadas e índice plástico para arcillas de sensibilidad mediana a baja. Fuente: Terzaghi, y otros, 1978.

De esto podemos decir que se tiene que tener mucha precaución y cuidado al usar estimaciones estadísticas, ya que el suelo así sea semejante, los parámetros geotécnicos pueden llegar a diferir mucho, en la tabla 4 Relaciones aproximadas para el ángulo de fricción interna en arcillas.

Tabla 4 Relaciones aproximadas para el Angulo de fricción interna en arcillas

| En arcillas |                             |              | $\phi$ Ángulo de fricción |                         |
|-------------|-----------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|
| N (SPT)     | $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | Descripción  | interna                   | E (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| < 2         | < 0.25                      | Muy blanda   | 0°                        | 3                       |
| 2 – 4       | 0.25 – 0.50                 | Blanda       | 0 - 2                     | 30                      |
| 4 – 8       | 0.50 – 1.00                 | Media        | 2 – 4                     | 45 – 90                 |
| 8 – 15      | 1.00 – 2.00                 | Compacta     | 4 – 6                     | 90 – 200                |
| 15 – 30     | 2.00 – 4.00                 | Muy compacta | 6 – 12                    | > 200                   |
| > 30        | > 4.00                      | Dura         | > 14                      |                         |

Fuente: Crespo, 2004.

Tabla 5  
Relaciones aproximadas para el ángulo de fricción interna en arenas.

| N (SPT) | En arenas   |                     | Ø Ángulo de fricción interna | E (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|-------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|
|         | Descripción | Compacidad relativa |                              |                         |
| 0 – 4   | Muy floja   | 0 – 15 %            | 28°                          | 100                     |
| 5 - 10  | Floja       | 16 – 35 %           | 28 - 30                      | 100 – 250               |
| 11 - 30 | Media       | 36 – 65 %           | 30 – 36                      | 250 – 500               |
| 31 – 50 | Densa       | 66 – 85 %           | 36 – 41                      | 500 – 1000              |
| > 50    | Muy densa   | 86 – 100 %          | > 41                         | > 1000                  |

Fuente: Crespo, 2004.

### i. Densidad el suelo

La densidad en campo viene a ser el peso del suelo natural por unidad de volumen. Esta depende del peso de las partículas solidas, la porosidad y del grado de saturación del suelo”. “La densidad obtenida en esta tesis, fue mediante el método de cono de arena, lo cual este método esta normado en la NTP 339.143 (ASTM D1556). Esta se calcula de la siguiente manera:

$$v = (m_1 - m_2) / \rho_1; \quad m_4 = 100m_3 / (w + 100); \quad \rho_h = m_3 / V; \quad \rho_d = m_4 / V$$

Donde:

v = Volumen del hueco del ensayo.

m<sub>1</sub> = Masa de arena calibrada para llenar el hueco de ensayo, embudo y palto base  
m<sub>2</sub> = Masa de arena calibrada para llenar el embudo y el plato base.

$\rho_1$  = densidad de arena calibrada (gr/cm<sup>3</sup>)”.

w = Porcentaje de humedad del material del hueco de ensayo.

m<sub>3</sub> = Masa húmeda del material del hueco de ensayo.

m<sub>4</sub> = Masa seca del material del hueco de ensayo.

$\rho_h$  = Densidad húmeda del material ensayado (gr/cm<sup>3</sup>).

$\rho_d$  = densidad seca del material ensayado (gr/cm<sup>3</sup>).

Tabla 6  
Densidades volumétricas, aproximados en suelos naturales.

| Tipo de suelo           | Densidades volumétricas |
|-------------------------|-------------------------|
| Suelos húmedos          | 1760 kg/m <sup>3</sup>  |
| Arcillas medias o duras | 1920 kg/m <sup>3</sup>  |
| Tierras saturadas       | 2100 kg/m <sup>3</sup>  |
| Tierras sumergidas      | 1100 kg/m <sup>3</sup>  |
| Arcillas suaves         | 1600 kg/m <sup>3</sup>  |

Fuente: Crespo, 2004.

Tabla 7  
Densidades volumétricas, aproximados en suelos secos máximos.

| Tipo de suelo       | Densidades volumétricas |                        |
|---------------------|-------------------------|------------------------|
|                     | Bien graduado           | Mal graduado           |
| Arenas con limos    | 1920 kg/m <sup>3</sup>  | 1680 kg/m <sup>3</sup> |
| Arenas con arcillas | 1920 kg/m <sup>3</sup>  | 1680 kg/m <sup>3</sup> |
| Arenas              | 1920 kg/m <sup>3</sup>  | 1760 kg/m <sup>3</sup> |
| Gravas              | 2080 kg/m <sup>3</sup>  | 1840 kg/m <sup>3</sup> |
| Limos inorgánicos   |                         | 1600 kg/m <sup>3</sup> |
| Limos orgánicos     |                         | 1350 kg/m <sup>3</sup> |

Fuente: Crespo, 2004.

### C. Geometría de la cimentación

Para la elección del tipo de cimentación, se tienen muchos criterios y motivos que influyen en su elección, teniendo en cuenta las diversas estructuras que puede adaptarse y poder elegir de acuerdo a la estructuración y criterio del especialista. Las cimentaciones son las encargadas de distribuir las cargas concentradas sobre una extensión del suelo, la cual este deber lo suficiente para poder soportar la carga con seguridad. (Norma Técnica E.050, 2015). Las zapatas aisladas

cuadradas y rectangulares son aquellas sobre la que carga un solo pilar, columna o muro, que se encarga de transmitir toda la carga al terreno a una presión adecuada a las propiedades del suelo. Estas pueden ser céntricas, la cual se usan cuando la carga sometida es centrada, y esquineras, cuando la carga es excéntrica y se dan en límites de terreno. (Calavera Ruiz, 2000).

#### **D. Profundidad de la cimentación**

Es la distancia desde el nivel de la superficie del terreno a la base de la cimentación de zapatas, cimientos corridos, plateas o losas de cimentación. (Norma Técnica E.050, 2015).

#### **E. Calculo de la capacidad portante del suelo**

La presión máxima que se somete a la cimentación, sin que este penetre en el suelo, se denomina capacidad de carga límite. Y la capacidad de carga admisible es la división de la carga límite entre un factor de seguridad, la cual también se le denomina capacidad portante del terreno. Adicionalmente Terzaghi recomienda que el factor de seguridad debe ser por lo menos mayor igual a 3. Adicionalmente podemos definir al esfuerzo neto o útil, que resulta después de restarle el esfuerzo que utiliza el peso relleno del suelo y la sobrecarga de piso. (Das, 2011 pág. 138).

$$Q.n.e.t.o. = Q.a.d.m. - \gamma \cdot D.f. - \text{sobrecarga de piso}$$

Para calcular la capacidad portante del suelo se consideró el tipo de falla general por corte, la cual está determinado según esta fórmula:

$$Q_{adm.} = (1.3CN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma) / F.s$$

Donde:

B: ancho de la cimentación (m).

$\gamma$ : peso específico del suelo (gr/cm<sup>3</sup>). D<sub>f</sub>: profundidad de cimentación (m). C: cohesión del suelo (kg/cm<sup>2</sup>).

N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub> y N<sub>γ</sub>: factores de capacidad de carga. F<sub>s</sub>: factor de seguridad.

Tabla 8  
Factores de capacidad portante según terzaghi.

| Ø° | N <sub>c</sub> | N <sub>q</sub> | N <sub>γ</sub> | K <sub>py</sub> |
|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 0  | 5.7            | 1.0            | 0.0            | 10.8            |
| 5  | 7.3            | 1.6            | 0.5            | 12.2            |
| 10 | 9.6            | 2.7            | 1.2            | 14.7            |
| 15 | 12.9           | 4.4            | 2.5            | 18.6            |
| 20 | 17.7           | 7.4            | 5.0            | 25.0            |
| 25 | 25.1           | 12.7           | 9.7            | 35.0            |
| 30 | 37.2           | 22.5           | 19.7           | 52.0            |
| 35 | 57.8           | 41.4           | 42.4           | 82.0            |
| 40 | 95.7           | 81.3           | 100.4          | 141.0           |
| 45 | 172.3          | 173.3          | 297.5          | 298.0           |
| 48 | 258.3          | 287.9          | 780.1          |                 |
| 50 | 347.5          | 415.1          | 1153.2         | 800.0           |

Fuente: Terzaghi, y otros, 1978.

Tabla 9  
Presiones admisibles usuales en arena.

| Descripción                     | Q <sub>adm.</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|---|
| Arena fluida                    | 0.5                                     |
| Arena mojada                    | 2                                       |
| Arena fina, firme y seca        | 2.5 – 3                                 |
| Arena fluida drenada            | 3                                       |
| Arena gruesa muy firme          | 3 – 6                                   |
| Grava y arena en mantos espesos | 5 - 8                                   |

Fuente: (Terzaghi, y otros, 1978)

Tabla 10  
Presiones admisibles usuales en arcilla.

| Descripción   | Qadm. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---|-----------------------------|
| Arcilla blanda o húmeda, manto de al menos 4.50m de espesor | 1-2                         |
| Arcilla blanda y arena mojada                               | 1-1.5                       |
| Arcilla blanda confinada                                    | 2                           |
| Arcilla firme   | 2                           |
| Arcilla en mantos espesos, moderadamente seca               | 2-4                         |
| Arcilla solida seca   | 3                           |
| Arcilla dura  | 3-4                         |
| Arcilla seca dura   | 4                           |
| Arcilla en mantos espesos, siempre seca                     | 4-6                         |

Fuente: Terzaghi, y otros, 1978.

## F. Ensayo de compresibilidad del suelo

Las propiedades de compresibilidad del suelo pueden ser definidas a partir de ensayos de compresión que pueden ser clasificados de acuerdo con el grado de confinamiento, o sea:

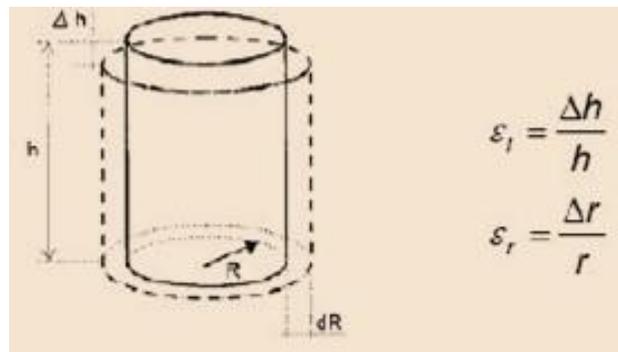


Figura 9 Fundamentos de ingeniería geotécnica.  
Fuente: (Das, 2013)

## G. Ensayo de compresión no confinada

Este ensayo también se llama ensayo de compresión simple o compresión uniaxial. El ensayo consiste en el moldeo de un cuerpo de prueba cilíndrico y en su cargamento por la acción de una carga axial.

La carga aplicada en una única dirección, dando libertad al cuerpo de prueba para deformarse en otras direcciones sin cualquier restricción. Registrándose las tensiones en el plano horizontal (carga dividida por el área de la sección transversal) por la deformación longitudinal,  $\epsilon_l$ , se obtiene la siguiente curva:

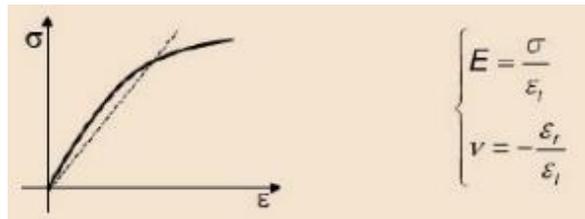


Figura 10 Fundamentos de ingeniería geotécnica.  
Fuente: (Das, 2013)

El suelo no es un material elástico, pero se admite con frecuencia en él un comportamiento elástico-lineal, definiéndose un módulo de elasticidad. Y para un cierto valor de tensión y un coeficiente de Poisson  $\nu$ .

## H. Ensayos de Compresión parcialmente confinada

Es normalmente conocido como ensayo de compresión triaxial. En este caso se aplican, además de la tensión axial, presiones laterales que impiden parcialmente la libertad de deformación. En general, el cuerpo de prueba es cilíndrico, con relación altura/diámetro mínimo igual a 2,5. El módulo de elasticidad del suelo depende de la presión a la que el suelo este confinado. Tal hecho nos muestra cómo se vuelve difícil establecer un módulo de elasticidad para el suelo, pues en la naturaleza él está sometido a confinamientos crecientes en

cuanto crece la profundidad. El ensayo consiste inicialmente en la aplicación de una presión confinante hidrostática ( $\sigma_3$ ), luego se mantiene constante la presión confinante, se aplican aumentos  $\Delta\sigma$  en la dirección axial. Durante el cargamento se miden en diversos intervalos de tiempo, el aumento de tensión axial que está actuando y la deformación vertical del cuerpo de prueba.

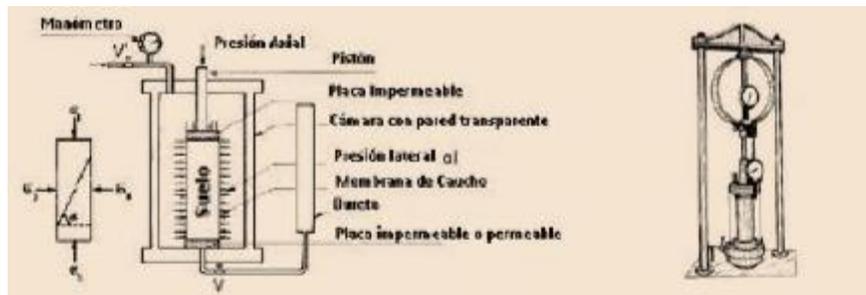


Figura 11 Fundamentos de ingeniería geotécnica.  
Fuente: (Das, 2013)

## I. Ensayo de compresión totalmente confinado

También llamado como ensayo de compresión endométrica. En este caso el cuerpo de prueba a comprimir es colocado dentro de un recipiente (anillo) indeformable, siendo aplicada externamente la tensión axial. El anillo impide cualquier tendencia de deformación lateral y el confinamiento es total. En este ensayo las tensiones laterales son desconocidas. Estas tensiones son generadas en ocurrencia de la aplicación de la tensión axial y por la consecuente reacción de las paredes del anillo endométrico. Las muestras generalmente indeformadas, pueden ser recolectadas en bloques o con el auxilio de tubos de muestra con paredes finas, denominados tubos Shelby. Mucho cuidado deberá ser tomado para que la muestra

no sufra ningún tipo de perturbación desde la recolección hasta el moldeo y laboratorio. Si fuese perturbada la muestra, poco o casi nada se podrá obtener sobre el comportamiento del suelo en su estado natural. Este ensayo simula el comportamiento del suelo cuando él es comprimido por la acción del peso de nuevas capas que sobre él se depositan” (Ej.- cuando se construye un terraplén en grandes áreas). El ensayo es generalmente realizado en 6 a 10 escalas de carga, siendo que cada escala dura por lo menos 24 horas. La descarga es realizada en 4 a 6 escalas, siguiendo los mismos procedimientos de lectura empleados que cuando fueron aplicadas las escalas de carga. Por tanto, un ensayo endométrico de suelo demora aproximadamente una semana.

## **J. Asentamientos en cimentaciones superficiales**

### **a. Asentamientos en cimentaciones superficiales**

Las “cargas impuestas a la cimentación que provocan asentamientos la cual se dividen en tres tipos”:

- Asentamiento inmediato
- Asentamiento por consolidación primaria
- Asentamiento por consolidación secundaria

### **b. Asentamiento inmediato**

La deformación elástica del suelo provoca asentamientos inmediatos, pero sin ningún cambio en su volumen. En una cimentación aislada, se producen desplazamientos horizontales en el suelo. Para determinar el asentamiento

inmediato se utiliza ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad. Generalmente se considera que el asentamiento inmediato ocurre durante la construcción.

**c. Asentamiento por Consolidación primaria**

El asentamiento por consolidación primaria es el resultado de un cambio de volumen en suelos saturados cohesivos debido a la expulsión del agua que ocupa los espacios vacíos. El asentamiento por consolidación primaria está representado por el ensayo endométrico, y al igual que la teoría de consolidación, corresponde a una deformación unidimensional.

**d. Asentamientos Por Consolidación Secundaria**

El asentamiento por consolidación secundaria es el ajuste plástico de la estructura del suelo y ocurre cuando la consolidación primaria ha terminado, es decir, después que los excesos de presión en el agua se han disipado y que toda la carga ha sido entregada a la estructura de suelo. (Das, 2013)

**e. Asentamientos Según Tipo de Suelo**

En el caso de suelos granulares, de alta permeabilidad, el asentamiento instantáneo es el más relevante, ya que se considera que la expulsión de agua (consolidación primaria) ocurre inmediatamente, por lo que el asentamiento instantáneo y la consolidación primaria ocurren en conjunto durante la construcción. En suelos finos, de baja permeabilidad, el asentamiento por consolidación toma relevancia, ya que éste puede tomar una gran cantidad de tiempo y una magnitud

considerable. En suelos orgánicos y suelos inorgánicos altamente compresibles, es la consolidación secundaria la que toma una alta relevancia. (Das, 2013)

**f. Asentamientos admisibles**

Dependiendo del tipo de estructura fundada, ésta permite ciertos asentamientos sin afectar su funcionalidad o estética. Muchas estructuras son capaces de resistir las deformaciones sin inconvenientes apreciables si éstas llegan a ser de algunos pocos centímetros, e instantáneas a la carga, pero no lo son para resistir asentamientos diferenciales, y menos cuando éstos se producen entre dos soportes cercanos”. (Das, 2013).

**g. Relación entre Asentamiento y Daño**

Tiene mayor importancia el asentamiento diferencial que el total, aun cuando es más difícil estimar el diferencial. Lo anterior es debido a que la magnitud del diferencial depende del suelo y la estructura. Usualmente se establecen relaciones entre la distorsión máxima y el asentamiento diferencial máximo, luego se tiene relaciones entre el asentamiento diferencial máximo y el asentamiento máximo de una zapata. Usualmente se especifica para zapatas de edificios comerciales un asentamiento total admisible de 1 pulgada. (Alva Hurtado, 2011)

### 2.3. Definición de términos

- **Asentamiento:** Se define como la diferencia de asentamiento entre columna adyacente o separadas.
- **Cimentación:** Es el conjunto total de las partes estructurales de la infraestructura por intermedio de las cuales se transmiten al terreno el peso propio de la superestructura y las fuerzas que actúan sobre ella.
- **Carga:** Son aplicadas a los diferentes elementos de las estructuras de las edificaciones, los que constituyen a su vez, un conjunto de miembros estructurales.
- **Capacidad portante:** Es la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.
- **Estudio de suelos:** Permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, la composición de los elementos en las capas de profundidad.
- **Edificación:** Obra de carácter permanente, cuyo destino es albergar actividades humanas. Comprende las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.

- **Suelo:** Se trata todo tipo de material terroso con organización definida y propiedades que varían vectorialmente. En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal.
- **Coeficiente de balasto:** El coeficiente de balasto es la relación de la presión de contacto y la penetración o asentamiento que se produce, obtenida mediante el ensayo de carga.
- **Ensayo de carga:** El ensayo de carga consiste en aplicar una serie de cargas sobre una placa que está sobre el terreno, con lo que nos permite determinar el esfuerzo-deformación del terreno (estado elástico).
- **Granulometría:** La granulometría de un suelo, consiste en la determinación de la distribución de partículas de los suelos, estos mediante tamices estandarizados.
- **Límites de consistencia:** Los límites de consistencia del suelo, se refiere al comportamiento del suelo mediante la incorporación de diferentes contenidos de humedad, con lo cual el comportamiento del suelo se divide en cuatro estados básicos que son estado sólido, semisólido, plástico y líquido.

- **Valor relativo de soporte CBR:** El CBR indica el valor de resistencia del suelo, “debido a la penetración de un vástago a velocidad constante, lo cual esta capacidad de soporte del suelo es comparada con la de una grava patrón”.
- **Corte directo:** La resistencia al corte de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. El estudio de la resistencia al corte es necesario para analizar los problemas de estabilidad, capacidad de carga, estabilidad de taludes, presión lateral sobre estructuras de retención de tierras, etc.
- **Consolidación de suelo:** La consolidación de un suelo suele estudiarse mediante el conocido ensayo edométrico, éste nos permite determinar los asentos y tiempos de consolidación de terraplenes, losas, zapatas, etc., en suelos blandos saturados como limos y arcillas.
- **Asentamiento del suelo:** La deformación del suelo es debido al soporte de cargas, por lo que ocurre un asentamiento o desplazamiento del suelo.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general:

Existe una relación directa y significativa entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.

#### 2.4.2. Hipótesis específicas:

- a) Existe una relación directa y significativa entre el coeficiente de balasto y las características físicas mecánicas del suelo.
  
- b) Existe una relación directa y significativa entre el coeficiente de balasto y los métodos estudiados en las características físicas mecánicas del suelo.
  
- c) Existe una relación directa y significativa entre la relación de los coeficientes de balastos calculados según métodos estudiados y una adecuada cimentación superficial en el distrito de Pilcomayo.

#### 2.5. Variables:

##### 2.5.1. Definición conceptual de las variables:

###### a) Variable dependiente:

###### **Coeficiente de balasto**

La relación entre la tensión capaz de generar una penetración de la placa en el terreno de 0,05 pulgadas que equivale a una deformación de 0,127 cm, es decir que este coeficiente es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva (tensión/deformación) que genera un asentamiento de la placa de 0,127 cm.

## b) Variable independiente

### Caracterización del suelo:

El suelo se caracteriza por su estructura, color, consistencia, textura y presencia de raíces, rocas y carbonatos. Estas propiedades hacen posible que los científicos interpreten cómo funciona el ecosistema y que puedan recomendar un uso del suelo que suponga un impacto mínimo en el ecosistema.

### 2.5.2. Definición operacional de la variable:

Tabla 11  
Operacionalización de la variable independiente.

| Variable                          | Dimensión         | Indicador  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| <b>Coefficiente de balasto:</b>   | Deformación       | Resistencia al corte<br>Modelo de Mohr - Coulomb<br>Elasticidad  |
|                                   | Tensión - Presión | Presión Lateral<br>Presión en Reposo<br>Presión Activa y pasiva  |
|                                   | Asentamiento      | Asentamiento Inicial<br>Asentamiento por Consolidación<br>Consolidación Secundaria   |
| <b>Caracterización del suelo:</b> | Físicas           | Textura (pipeta)<br>Densidad aparente<br>Densidad real<br>Porosidad total<br>Conductividad hidráulica<br>Distribución de agregados |
|                                   | químicas          | PH<br>% materia orgánica<br>Fosforo<br>Potasio y sodio<br>Calcio y magnesio<br>Micronutrientes                                     |

Biológicas

Actividad biológica  
Biomasa microbiana  
Cocientes  $q_{CO_2}$  -  $q_C$

---

Fuente propia

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método de investigación**

El usado fue el método científico. Este método se define como un conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de la investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación aplicada: porque se utilizarán los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la humanidad y su entorno.

#### **3.3. Nivel de investigación**

Para la presente Investigación presenta la descripción de fenómenos, situaciones, contexto y sucesos; eso es, detallar cómo son y se manifiestan. Con estos estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Estos estudios son ideales cuando hay piezas y trozos de teorías con apoyo

empírico moderado. Sirve para describir, caracterizar, medir realidades, fenómenos, hechos o variables de interés, por esta razón la investigación es de nivel descriptivo – correlacional.

### 3.4. **Diseño de Investigación**

Explica que los diseños pre experimentales se realizan sin manipular deliberadamente variables, es decir se trata de estudios donde no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, por lo que solo se observa los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. En base a esta precisión la investigación es pre experimental.

Par los diseños transaccionales o transversales recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único”. El fin es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. En base a este fundamento el diseño es transversal del tipo descriptivo comparativo, ya que voy a recolectar información relevante en varias muestras (M1, M2, Mn) con respecto a un mismo fenómeno (O1, O2, On) y luego caracterizar este fenómeno en base a la comparación de los datos recogidos, pudiendo estas observaciones, ser iguales o diferentes con respecto a la otra.

### 3.5. **Población y muestra**

#### 3.5.1. **Población**

Para **Hernández Sampieri, (2014)**, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (pág. 65). De acuerdo a esta definición la investigación tendrá como

población al área accesible de la urbanización de WAYRA del distrito de Pilcomayo, la cual presenta un área superficial de 0.80 km<sup>2</sup>.

### **3.5.2. Muestra**

La Muestra será no probabilística, el tipo de muestreo será por conveniencia, según **carrasco (2005, p. 243)** considera el investigador selecciona sobre la base de su propio criterio las unidades de análisis. Para esta investigación el investigador, se tuvo la limitación economía, comodidad, alcance, etc.), procurando que la muestra obtenida sea lo más representativa posible. Donde se realizaron 3 calicatas de observación, para describir y evaluar a los puntos de observación:

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de los datos fueron estudios de suelos, muestras extraíbles de las calicatas, pruebas y ensayos de laboratorio.

### **3.7. Técnicas e procesamiento y análisis de datos**

Todos los datos obtenidos en el campo nos ayudarán a procesar los coeficientes de balasto de cada calicata donde se extrajeron la muestra de suelos para realizar la respectiva caracterización de los mismo en el distrito de Pilcomayo en particularmente en a la zona de la residencia WAYRA, posteriormente a esto se utilizó el software Microsoft Excel y para el dibujo utilizaremos el software AutoCAD.

### **3.8. Análisis de datos:**

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo de la siguiente manera: localización del área de investigación, selección y obtención de la muestra de suelo, ensayos de laboratorio para la clasificación del tipo de suelo, ensayos de corte directo, ensayos de CBR y procesamientos de los datos con las técnicas de estudio.

- Localización y ubicación de los puntos de investigación
- Trabajos de campo: Selección y obtención de la muestra de cada punto de investigación.
- Trabajos de laboratorio: “Ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- Modelación “de una estructura para el análisis: Se realiza el análisis considerando los coeficientes de balasto obtenidos mediante los métodos empleados.
- Procesamiento y análisis: Se realiza el procesamiento de datos obtenidos y se analiza el comportamiento de la cimentación.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Generalidades del proyecto:**

El distrito de Pilcomayo es uno de los veintiocho que conforman la Provincia de Huancayo, ubicada en el Departamento de Junín, bajo la administración del Gobierno Regional de Junín, en el Perú. Limita por el norte con el Distrito de Sicaya; por el este con el Distrito de El Tambo; por el oeste con el Distrito de Chupaca; y, por el sur con el Distrito de Huamancaca Chico. El distrito fue creado mediante Ley N° 9963 del 15 de septiembre de 1944, durante el gobierno de Manuel Prado Ugarteche.

##### **4.1.1. Geografía:**

EL territorio del distrito abarca una superficie de 20,5 km<sup>2</sup> y está atravesado por el Río Cunas, en pleno Valle del Mantaro, tiene una altitud de 3 225 metros sobre el nivel del mar.

##### **4.1.2. Población:**

Con una población de 11 000 habitantes mayoritariamente joven (55%), de acuerdo al Censo Nacional IX de Población y IV de Vivienda. El distrito

parte del cual es residencial también es eminentemente agrícola, comercial y turístico.

#### **4.1.3. Clima y agricultura:**

Su clima es templado, seco con días de intenso calor envuelto con un cielo azul, y contrariamente con noches frías entre los meses de abril a septiembre. Con vientos en el mes de agosto, y la época de lluvias es de octubre a marzo, lo cual se aprovecha para la agricultura con sembríos de maíz, papas, frijoles, arvejas habas, y linaza, así como una variedad de hortalizas, entre otros productos.

#### **4.1.4. Turismo y comercio:**

Pilcomayo, un pueblo de la sierra central, situada en la parte del sur Valle del Mantaro, es un ciudad próspera desarrollando sus actividades mayoritariamente enfocadas al agro y a la artesanía en general, siendo acogedor para los turistas.

#### **4.2. Estudio de mecánica de suelos:**

Para realizar el estudio de mecánica de suelos fue necesario excavar tres calicatas de los cuales se obtuvo una muestra por cada una. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio "CABA S.A" el cual redactó un informe con los resultados de cada ensayo el cual viene adjunto en esta investigación.

Tabla 12  
Determinación muestra con el # de calicatas

| <b>CANTIDAD DE ENSAYOS DEL SUELO</b> |                  |             |             |
|--------------------------------------|------------------|-------------|-------------|
| <b>ENSAYOS</b>                       | <b>CALICATAS</b> |             |             |
|                                      | <b>C-01</b>      | <b>C-02</b> | <b>C-03</b> |
| <b>PROPIEDADES FISICAS</b>           |                  |             |             |
| Contenido de Humedad                 | 3                | 3           | 3           |
| Análisis Granulométrico por Tamizado | 3                | 3           | 3           |
| Limite Liquido                       | 3                | 3           | 3           |
| Limite Plástico                      | 3                | 3           | 3           |
| <b>PROPIEDADES MECANICAS</b>         |                  |             |             |
| Corte Directo                        | 2                | 2           | 2           |
| Proctor Modificado                   | 1                | 1           | 1           |
| Relación de Soporte (CBR)            | 2                | 2           | 2           |

Fuente propia

#### 4.2.1. Cálculo del coeficiente de balasto según el tipo de suelo:

Para determinar el coeficiente de balasto por este método es necesario conocer el tipo de suelo, para lo cual se debe conocer los resultados de los siguientes ensayos:

##### A. Contenido de humedad:

Los datos y resultados fueron obtenidos directamente del informe técnico de estudio de mecánica de suelos, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 13  
Contenido de humedad

| <b>N° DE CALICATA</b> | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |                   |                   | <b>PROMEDIO (%)</b> |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|                       | <b>1° MUESTRA</b>               | <b>2° MUESTRA</b> | <b>3° MUESTRA</b> |                     |
| C - 1                 | 13.58                           | 13.58             | 13.60             | 13.59               |
| C - 2                 | 12.71                           | 12.69             | 12.72             | 12.71               |
| C - 3                 | 10.20                           | 10.16             | 10.18             | 10.18               |

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior se realizaron tres muestras por cada calicata obteniendo un contenido de humedad promedio para la calicata C - 1 igual a 13.59, C – 2 igual a 12.71 y C – 3 igual a 10.18.

### B. Limite liquido:

El límite líquido fue obtenido directamente del informe técnico de estudio de mecánica de suelos, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 14  
Limite liquido

| N° DE CALICATA | LIMITE LIQUIDO (%) |            |            | PROMEDIO (%) |
|----------------|--------------------|------------|------------|--------------|
|                | 1° MUESTRA         | 2° MUESTRA | 3° MUESTRA |              |
| C - 1          | 25.31              | 25.29      | 25.30      | 25.30        |
| C - 2          | 19.99              | 20.05      | 20.03      | 20.02        |
| C - 3          | 29.61              | 29.53      | 29.58      | 29.57        |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior observamos un límite líquido promedio para la calicata C - 1 igual a 25.30, C – 2 igual a 20.02 y C – 3 igual a 29.57.

### C. Limite plástico:

El límite plástico fue obtenido directamente del informe técnico de estudio de mecánica de suelos, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 15  
Limite plástico

| N° DE CALICATA | LIMITE PLASTICO (%) |            |            | PROMEDIO (%) |
|----------------|---------------------|------------|------------|--------------|
|                | 1° MUESTRA          | 2° MUESTRA | 3° MUESTRA |              |
| C - 1          | 17.65               | 17.53      | 17.62      | 17.60        |
| C - 2          | 12.60               | 12.62      | 12.64      | 12.62        |
| C - 3          | 22.37               | 22.39      | 22.35      | 22.37        |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior observamos un límite plástico promedio para la calicata C - 1 igual a 17.60, C – 2 igual a 12.62 y C – 3 igual a 22.37.

#### D. Índice de plasticidad:

El índice de plasticidad se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$I_p = Ll - Lp \dots\dots (1)$$

Donde:

$I_p$ : Índice de plasticidad.

$Ll$ : Límite líquido.

$Lp$ : Límite plástico.

El resumen de los índices de plasticidad para cada calicata se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 16  
Índice de plasticidad

| N° DE CALICATA | INDICE DE PLASTICIDAD (%) |            |            | PROMEDIO (%) |
|----------------|---------------------------|------------|------------|--------------|
|                | 1° MUESTRA                | 2° MUESTRA | 3° MUESTRA |              |
| C - 1          | 7.66                      | 7.76       | 7.68       | 7.70         |
| C - 2          | 7.39                      | 7.43       | 7.39       | 7.40         |
| C - 3          | 7.24                      | 7.14       | 7.23       | 7.20         |

**Fuente: Elaboración propia.**

En la tabla anterior observamos un índice de plasticidad promedio para la calicata C – 1 igual a 7.70, C – 2 igual a 7.40 y C – 3 igual a 7.20.

#### E. Granulometría y porcentaje de suelo:

Se realizó una muestra granulométrica por cada calicata, el porcentaje que paso se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 17  
Análisis granulométrico

| TAMIZ<br>(pulg) | ABERTURA<br>(mm) | % QUE<br>PASA C -<br>01 | % QUE<br>PASA C -<br>02 | % QUE<br>PASA C -<br>03 | PROMEDIO |
|-----------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| 3"              | 75.000           | 100.00                  | 100.00                  | 100.00                  | 100.00   |
| 2 1/2"          | 62.000           | 100.00                  | 100.00                  | 100.00                  | 100.00   |
| 2"              | 50.000           | 100.00                  | 100.00                  | 100.00                  | 100.00   |
| 1 1/2"          | 37.500           | 95.55                   | 97.21                   | 100.00                  | 97.59    |
| 1"              | 25.000           | 92.20                   | 94.58                   | 91.08                   | 92.62    |
| 3/4"            | 19.000           | 86.96                   | 88.71                   | 88.56                   | 88.08    |
| 1/2"            | 12.500           | 77.29                   | 80.66                   | 81.82                   | 79.92    |
| 3/8"            | 9.500            | 72.29                   | 75.03                   | 77.18                   | 74.83    |
| 1/4"            | 6.300            | 68.31                   | 66.70                   | 71.99                   | 69.00    |
| N° 4            | 4.750            | 64.50                   | 59.49                   | 67.18                   | 63.72    |
| N° 10           | 2.000            | 53.55                   | 42.17                   | 57.43                   | 51.05    |
| N° 20           | 0.850            | 42.64                   | 29.66                   | 48.11                   | 40.14    |
| N° 30           | 0.600            | 38.99                   | 25.78                   | 43.86                   | 36.21    |
| N° 40           | 0.425            | 34.44                   | 22.27                   | 39.94                   | 32.22    |
| N° 60           | 0.250            | 31.69                   | 20.94                   | 36.97                   | 29.87    |
| N° 100          | 0.105            | 27.19                   | 19.28                   | 30.59                   | 25.69    |
| N° 200          | 0.075            | 25.85                   | 18.46                   | 28.06                   | 24.12    |

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el tipo de suelo según la metodología SUCS es necesario conocer el contenido de grava, arena y finos que existe en la muestra analizada, en la siguiente tabla observamos el porcentaje de suelo de cada calicata:

Tabla 18  
Porcentaje de suelo

| SUELO                  | PORCENTAJE DE SUELO (%) |        |        | PROMEDIO<br>(%) |
|------------------------|-------------------------|--------|--------|-----------------|
|                        | C - 01                  | C - 02 | C - 03 |                 |
| Grava 3" - N° 4        | 35.50                   | 40.51  | 32.82  | 36.28           |
| Arena N° 4 - N°<br>200 | 38.64                   | 41.03  | 39.13  | 39.60           |
| Finos < N° 200         | 25.85                   | 18.46  | 28.06  | 24.12           |

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior, la calicata C - 1 contiene 35.50% de grava, 38.64% de arena y 25.85 de finos, la calicata C - 2

contiene 40.51% de grava, 41.03% de arena y 18.46% de finos, la calicata C – 3 contiene 32.82% de grava, 39.13% de arena y 28.06% de finos.

#### F. Tipo de suelo según la metodología SUCS:

Para determinar el tipo de suelo según la metodología SUCS es necesario saber todos los ensayos y resultados mencionados anteriormente, luego seguimos los pasos planteados en la tabla SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.).

Según el informe técnico del estudio de mecánica de suelos, las tres calicatas analizadas se clasifican como SC (arena arcillosa con mucha grava). En la siguiente tabla observamos el resumen de la clasificación de suelos según la metodología SUCS.

Tabla 19  
Tipo de suelo según SUCS

| DESCRIPCION                | TIPO DE SUELO                   |                                 |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                            | C - 01                          | C - 02                          | C - 03                          |
| Profundidad (m)            | 2.70                            | 2.10                            | 2.50                            |
| Muestra                    | M - 1                           | M - 1                           | M - 1                           |
| Contenido de humedad       | 13.59                           | 12.71                           | 10.18                           |
| Grava 3" - N° 4            | 35.50                           | 40.51                           | 32.82                           |
| Arena N° 4 - N° 200        | 38.64                           | 41.03                           | 39.13                           |
| Finos < N° 200             | 25.85                           | 18.46                           | 28.06                           |
| Limite liquido (LL)        | 25.30                           | 20.02                           | 29.57                           |
| Limite plástico (LP)       | 17.60                           | 12.62                           | 22.37                           |
| Índice de plasticidad (IP) | 7.70                            | 7.40                            | 7.20                            |
| Clasificación según SUCS   | SC                              | SC                              | SC                              |
| Denominación               | Arena arcillosa con mucha grava | Arena arcillosa con mucha grava | Arena arcillosa con mucha grava |

Fuente: Elaboración propia.

## G. California Bearing Ratio CBR:

El ensayo del CBR es un dato que nos ayuda a obtener un coeficiente de balasto más exacto por el método del tipo de suelo. Según el informe de estudio de mecánica de suelos, se analizaron dos muestras por cada calicata, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 20  
Resultados del CBR

| DESCRIPCION                                | CALCULO DEL CBR |               |               |
|--|-----------------|---------------|---------------|
|  | C - 01          | C - 02        | C - 03        |
| Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )      | 1.956           | 1.936         | 1.995         |
| Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )        | 1.679           | 1.839         | 1.717         |
| Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.907           | 1.992         | 1.970         |
| % de compactación                          | 90.020          | 92.340        | 91.150        |
| CBR muestra M1 (%)                         | 15.250          | 21.020        | 17.010        |
| CBR muestra M2 (%)                         | 15.200          | 18.120        | 17.250        |
| <b>CBR PROMEDIO (%)</b>                    | <b>15.230</b>   | <b>19.570</b> | <b>17.130</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior el CBR promedio para la calicata C-1 es igual a 15.23%, para C – 2 es igual a 19.57 y para C – 3 es igual a 17.13. Para determinar el coeficiente de balasto según el tipo de suelo es necesario conocer su clasificación según el SUCS y el CBR, seguidamente se aplica el siguiente monograma:

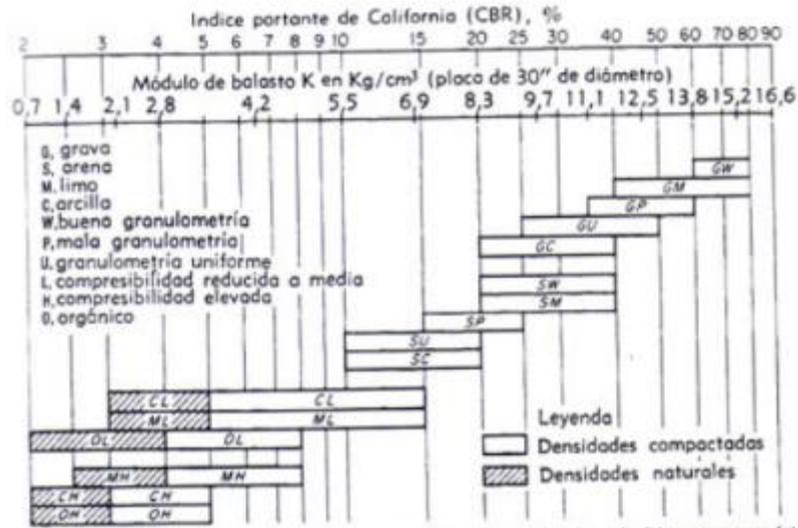


Figura 12 Nomograma de relación Coeficiente de Balasto  
Fuente: Proyecto de estructuras de hormigón, Winter G., 1977.

Con los datos obtenidos anteriormente y aplicando el monograma obtenemos el coeficiente de balasto según el tipo de suelo, los resultados observamos en la siguiente tabla:

Tabla 21  
Coeficiente de balasto según el tipo de suelo

| DESCRIPCION                                  | COEFICIENTE DE BALASTO |        |        |
|--|------------------------|--------|--------|
|  | C - 01                 | C - 02 | C - 03 |
| Tipo de suelos según SUCS                    | SC                     | SC     | SC     |
| CBR promedio                                 | 15.23                  | 19.57  | 17.13  |
| Coeficiente de balasto (kg/cm <sup>3</sup> ) | 7.00                   | 8.12   | 7.88   |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior observamos que la calicata C – 1 posee un coeficiente de balasto igual a 7.00kg/cm<sup>3</sup>, la calicata C – 2 posee un coeficiente de balasto igual a 8.12kg/cm<sup>3</sup> la calicata C – 3 y posee un coeficiente de balasto igual a 7.88kg/cm<sup>3</sup>.

#### 4.3. Cálculo del coeficiente de balasto según la capacidad de soporte

##### CBR:

El coeficiente de balasto también puede ser determinado por este método, solo es necesario conocer el CBR de terreno y aplicar las siguientes ecuaciones:

$$\text{Para } CBR < 10\%, K_s = 0.25 + 5.15 * \log(CBR) \dots\dots (2)$$

$$\text{Para } CBR > 10\%, K_s = 4.51 + 0.89 * (\log(CBR))^{4.34} \dots\dots (3)$$

Donde:

Ks: Coeficiente de balasto (kg/cm<sup>3</sup>).

Como pudimos observar anteriormente, los valores de los CBR de las tres calicatas son mayores a 10% por lo tanto debemos aplicar la ecuación n° 03, los resultados los observamos en la siguiente tabla:

Tabla 22  
Coeficiente de balasto según el CBR

| DESCRIPCION                                  | COEFICIENTE DE BALASTO |        |        |
|--|------------------------|--------|--------|
|  | C - 01                 | C - 02 | C - 03 |
| CBR promedio                                 | 15.23                  | 19.57  | 17.13  |
| Coeficiente de balasto (kg/cm <sup>3</sup> ) | 6.35                   | 7.21   | 6.72   |

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, el coeficiente de balasto para la calicata C – 1 es igual a 6.35kg/cm<sup>3</sup>, para la calicata C – 2 es igual a 7.21kg/cm<sup>3</sup> y para la calicata C – 3 es igual a 6.72kg/cm<sup>3</sup>.

#### 4.3.1. Cálculo del coeficiente de balasto según la capacidad portante:

Este es el método más conocido y utilizado para obtener el coeficiente de balasto, solo es necesario conocer la capacidad portante del terreno, el cual fue determinado mediante el ensayo de corte directo.

##### A. Ensayo de corte directo:

La finalidad de realiza el ensayo de corte directo es obtener la cohesión y ángulo de fricción, en el informe técnico del estudio de mecánica de suelos se determinó los siguientes valores:

Tabla 23  
Cohesión y ángulo de fricción

| DESCRIPCION                    | COHESION Y ANGULO DE FRICCION |       |       |
|--------------------------------|-------------------------------|-------|-------|
|                                | C - 1                         | C - 2 | C - 3 |
| Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.095                         | 0.115 | 0.098 |
| Angulo de fricción             | 25.90                         | 26.70 | 26.40 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que para la calicata C – 1 la cohesión y el ángulo de fricción es igual a 0.095Kg/cm<sup>2</sup> y 25.90° respectivamente, para la calicata C – 2 la cohesión y el ángulo de fricción es igual a 0.115Kg/cm<sup>2</sup> y 26.70° respectivamente, para la calicata C – 3 la cohesión y el ángulo de fricción es igual a 0.098Kg/cm<sup>2</sup> y 26.40° respectivamente.

##### B. Capacidad portante del terreno:

Según el informe técnico de estudio de mecánica de suelos, la capacidad portante fue determinada mediante la teoría de Terzaghi considerando una zapata cuadrada con una base igual

a 1m. El resumen de la capacidad portante se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 24  
Capacidad portante

| DESCRIPCION                              | CAPACIDAD PORTANTE |        |        |
|--|--------------------|--------|--------|
|  | C - 01             | C - 02 | C - 03 |
| Profundidad (m)                          | 2.70               | 2.10   | 2.50   |
| Capacidad portante (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 1.70               | 2.06   | 1.76   |

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior la capacidad portante para la calicata C – 1 es igual a 1.70kg/cm<sup>2</sup>, para la calicata C – 2 es igual a 2.06 y para la calicata C – 3 es igual a 1.76.

Para determinar el coeficiente de balasto según la capacidad portante del terreno se aplica la siguiente tabla:

Tabla 25  
Valores de módulo de reacción de suelo para una superficie de apoyo

| <b>Esf. Adm (Kg/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Winkler (Kg/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Esf. Adm (Kg/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Winkler (Kg/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Esf. Adm (Kg/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Winkler (Kg/cm<sup>3</sup>)</b> |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 0.25                                | 0.65                               | 1.55                                | 3.19                               | 2.85                                | 5.70                               |
| 0.30                                | 0.78                               | 1.60                                | 3.28                               | 2.90                                | 5.80                               |
| 0.35                                | 0.91                               | 1.65                                | 3.37                               | 2.95                                | 5.90                               |
| 0.40                                | 1.04                               | 1.70                                | 3.46                               | 3.00                                | 6.00                               |
| 0.45                                | 1.17                               | 1.75                                | 3.55                               | 3.05                                | 6.10                               |
| 0.50                                | 1.30                               | 1.80                                | 3.64                               | 3.10                                | 6.20                               |
| 0.55                                | 1.39                               | 1.85                                | 3.73                               | 3.15                                | 6.30                               |
| 0.60                                | 1.48                               | 1.90                                | 3.82                               | 3.20                                | 6.40                               |
| 0.65                                | 1.57                               | 1.95                                | 3.91                               | 3.25                                | 6.50                               |
| 0.70                                | 1.66                               | 2.00                                | 4.00                               | 3.30                                | 6.60                               |
| 0.75                                | 1.75                               | 2.05                                | 4.10                               | 3.35                                | 6.70                               |
| 0.80                                | 1.84                               | 2.10                                | 4.20                               | 3.40                                | 6.80                               |
| 0.85                                | 1.93                               | 2.15                                | 4.30                               | 3.45                                | 6.90                               |
| 0.90                                | 2.02                               | 2.20                                | 4.40                               | 3.50                                | 7.00                               |
| 0.95                                | 2.11                               | 2.25                                | 4.50                               | 3.55                                | 7.10                               |
| 1.00                                | 2.20                               | 2.30                                | 4.60                               | 3.60                                | 7.20                               |
| 1.05                                | 2.29                               | 2.35                                | 4.70                               | 3.65                                | 7.30                               |
| 1.10                                | 2.38                               | 2.40                                | 4.80                               | 3.70                                | 7.40                               |
| 1.15                                | 2.47                               | 2.45                                | 4.90                               | 3.75                                | 7.50                               |
| 1.20                                | 2.56                               | 2.50                                | 5.00                               | 3.80                                | 7.60                               |
| 1.25                                | 2.65                               | 2.55                                | 5.10                               | 3.85                                | 7.70                               |
| 1.30                                | 2.74                               | 2.60                                | 5.20                               | 3.90                                | 7.80                               |
| 1.35                                | 2.83                               | 2.65                                | 5.30                               | 3.95                                | 7.90                               |
| 1.40                                | 2.92                               | 2.70                                | 5.40                               | 4.00                                | 8.00                               |
| 1.45                                | 3.01                               | 2.75                                | 5.50                               |                                     |                                    |
| 1.50                                | 3.10                               | 2.80                                | 5.60                               |                                     |                                    |

Fuente: Nelson Morrison, 1993.

El resumen del coeficiente de balasto según la capacidad portante del terreno se observa a continuación:

Tabla 26  
Coeficiente de balasto según la capacidad portante

| DESCRIPCION                                  | COEFICIENTE DE BALASTO |        |        |
|--|------------------------|--------|--------|
|  | C - 01                 | C - 02 | C - 03 |
| Profundidad (m)                              | 2.70                   | 2.10   | 2.50   |
| Capacidad portante (Kg/cm <sup>2</sup> )     | 1.70                   | 2.06   | 1.76   |
| Coeficiente de balasto (Kg/cm <sup>3</sup> ) | 3.46                   | 4.12   | 3.57   |

Fuente: Elaboración propia.

Como observamos en la tabla anterior el coeficiente de balasto según la capacidad portante del terreno para la calicata C – 1 es igual a 3.46kg/cm<sup>3</sup>, para la calicata C – 2 es igual a 4.12kg/cm<sup>3</sup> y para la calicata C – 3 es igual a 3.57kg/cm<sup>3</sup>.

#### 4.3.2. Resumen del coeficiente de balasto por los métodos estudiados:

El coeficiente de balasto fue determinado por tres diferentes métodos los cuales se observa a continuación:

Tabla 27  
Coeficiente de balasto por diferentes métodos

| DESCRIPCION                 | COEFICIENTE DE BALASTO |        |        |          |
|-----------------------------|------------------------|--------|--------|----------|
|                             | C - 01                 | C - 02 | C - 03 | Promedio |
| Según el tipo de suelo      | 7.00                   | 8.12   | 7.88   | 7.67     |
| Según el CBR                | 6.35                   | 7.21   | 6.72   | 6.76     |
| Según la capacidad portante | 3.46                   | 4.12   | 3.57   | 3.71     |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el coeficiente de balasto promedio según el tipo de suelo es igual a 7.67kg/cm<sup>3</sup>, según el CBR es igual a 6.76kg/cm<sup>3</sup> y según la capacidad portante es igual a 3.71kg/cm<sup>3</sup>.

#### 4.3.3. Cálculo de los coeficientes de balasto para un área de carga:

Los coeficientes de balasto calculados anteriormente deberán ser distribuidos para un área de carga específica (zapatas), para esto se debe aplicar las siguientes ecuaciones:

$$Kb = Ks * \frac{0.30}{b} \dots\dots (4)$$

$$Cbz = \frac{2}{3} * Kb * (1 + \frac{b}{2*L}) \dots\dots (5)$$

Donde:

Kb: Coeficiente de balasto real (Kg/cm<sup>3</sup>).

Cbz: Coeficiente de balasto para zapata (Kg/cm<sup>3</sup>).

B: Base de la zapata (m).

L: Largo de la zapata en (m).

Como podemos observar, para determinar los coeficientes de balasto para un área de carga es necesario conocer las dimensiones de las zapatas. Para esta investigación se optó por realizar un modelamiento de una vivienda unifamiliar en el programa etabs 9.7.4., con la finalidad de obtener las cargas y posteriormente diseñar la cimentación.

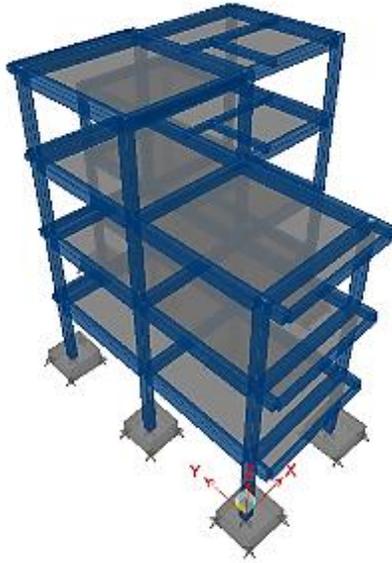


Figura 13 Modelamiento de vivienda unifamiliar  
Fuente: Elaboración propia.

La vivienda unifamiliar aplicada como ejemplo cuenta con 10 zapatas las cuales será distribuidas en tres grupos a los que llamaremos Z – 01, Z – 02 y Z – 03.

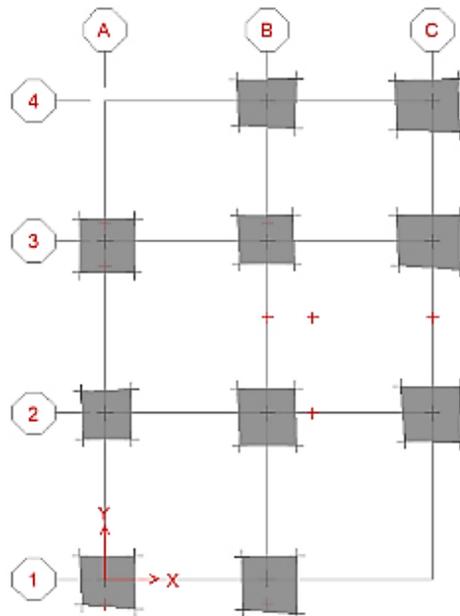


Figura 14 Zapatas de la vivienda unifamiliar  
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el área y las dimensiones de las zapatas es necesario conocer la zapata más cargada de cada grupo (carga viva y carga muerta),

esto fue extraído del software etabs las cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 28  
Cargas de las zapatas

| ZAPATA | CARGA MUERTA (Tn) | CARGA VIVA (Tn) |
|--------|-------------------|-----------------|
| Z - 01 | 11.84             | 2.35            |
| Z - 02 | 20.88             | 4.55            |
| Z - 03 | 32.04             | 7.67            |

Fuente: Elaboración propia.

El area de la zapata se determina aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_n = \sigma_t - \gamma_m * h_f - S/C \dots\dots (6)$$

$$h_f = d + n_{pt} + D_f \dots\dots (7)$$

$$A_z = \frac{P_d + P_l}{\sigma_n} \dots\dots (8)$$

Donde:

- $\sigma_n$ : Esfuerzo neto (Tn/m<sup>2</sup>).
- $\sigma_t$ : Capacidad portante (Tn/m<sup>2</sup>).
- $\gamma_m$ : Peso específico del suelo (Tn/m<sup>3</sup>).
- $h_f$ : Profundidad de cimentación (m).
- S/C: Carga viva en zapata (Tn/m<sup>2</sup>).
- D: Peralte efectivo (m).
- $n_{pt}$ : Nivel de piso terminado (m).
- $D_f$ : Profundidad de desplante (m).

- Az: Área de la zapata (m<sup>2</sup>).
- Pd: Carga muerta (Tn).
- Pl: Carga viva (Tn).

La capacidad portante promedio es de 1.84 Kg/cm<sup>2</sup>, el peso específico del suelo es igual a 1.90Tn/m<sup>3</sup>, el peralte efectivo mínimo es de 0.60m, el nivel de piso terminado es de 0.30m y la profundidad de desplante es de 1.20m. con estos datos y las cargas ya conocidas calculamos el área de la zapata, los resultados se observan a continuación:

Tabla 29  
Dimensiones de las zapatas

| TIPO DE ZAPATA | AREA (m <sup>2</sup> ) | DIMENSIONES |           |
|----------------|------------------------|-------------|-----------|
|                |                        | BASE (m)    | LARGO (m) |
| Z-01           | 1.00                   | 1.00        | 1.00      |
| Z-02           | 1.96                   | 1.40        | 1.40      |
| Z-03           | 3.06                   | 1.75        | 1.75      |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4. Coeficiente de balasto para un área de carga según el tipo de suelo:

Con el coeficiente de balasto igual a 7.67Kg/cm<sup>3</sup> y conociendo las dimensiones de las zapatas, solo es cuestión de aplicar las ecuaciones 4 y 5, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 30  
Área de carga según tipo de suelo

| COEFICIENTE DE BALASTO    |                  |                   |             |              |                |                                       |
|---------------------------|------------------|-------------------|-------------|--------------|----------------|---------------------------------------|
| METODO                    | Ks30<br>(Kg/cm3) | TIPO DE<br>ZAPATA | DIMENSIONES |              | Kb<br>(Kg/cm3) | COEFICIENTE<br>DE BALASTO<br>(Kg/cm3) |
|                           |                  |                   | BASE<br>(m) | LARGO<br>(m) |                |                                       |
| SEGÚN<br>TIPO DE<br>SUELO | 7.67             | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.30           | 2.30                                  |
|                           |                  | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.30           | 2.30                                  |
|                           |                  | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.30           | 2.30                                  |
|                           |                  | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.30           | 2.30                                  |
|                           |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.64           | 1.64                                  |
|                           |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.64           | 1.64                                  |
|                           |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.64           | 1.64                                  |
|                           |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.64           | 1.64                                  |
|                           |                  | Z-03              | 1.75        | 1.75         | 1.31           | 1.31                                  |
|                           |                  | Z-03              | 1.75        | 1.75         | 1.31           | 1.31                                  |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.5. Coeficiente de balasto para un área de carga según el CBR:

Con las mismas dimensiones de las zapatas y el coeficiente de balasto igual a 6.76Kg/cm3 calculamos el área de carga según el CBR aplicando las ecuaciones 4 y 5, el resumen se muestra a continuación:

Tabla 31  
Área de carga según el CBR

| COEFICIENTE DE BALASTO |                  |                   |             |              |                |                                       |
|------------------------|------------------|-------------------|-------------|--------------|----------------|---------------------------------------|
| METODO                 | Ks30<br>(Kg/cm3) | TIPO DE<br>ZAPATA | DIMENSIONES |              | Kb<br>(Kg/cm3) | COEFICIENTE<br>DE BALASTO<br>(Kg/cm3) |
|                        |                  |                   | BASE<br>(m) | LARGO<br>(m) |                |                                       |
| SEGÚN<br>EL CBR        | 6.76             | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.03           | 2.03                                  |
|                        |                  | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.03           | 2.03                                  |
|                        |                  | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.03           | 2.03                                  |
|                        |                  | Z-01              | 1.00        | 1.00         | 2.03           | 2.03                                  |
|                        |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.45           | 1.45                                  |
|                        |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.45           | 1.45                                  |
|                        |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.45           | 1.45                                  |
|                        |                  | Z-02              | 1.40        | 1.40         | 1.45           | 1.45                                  |
|                        |                  | Z-03              | 1.75        | 1.75         | 1.16           | 1.16                                  |
|                        |                  | Z-03              | 1.75        | 1.75         | 1.16           | 1.16                                  |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.6. Coeficiente de balasto para un área de carga según la capacidad portante:

En este método no es necesario aplicar las ecuaciones 4 y 5 debido a que el coeficiente de balasto según la capacidad portante se aplica de forma directa por lo tanto sigue siendo igual a 3.71 Kg/cm<sup>3</sup> para todas las zapatas.

#### 4.4. Análisis de los coeficientes de balasto en una cimentación superficial:

Los coeficientes de balasto para un área de carga serán analizados en la cimentación de la vivienda unifamiliar modulada anteriormente, para esto aplicaremos el software safe 2016.

##### 4.4.1. Modelamiento de la cimentación en el software safe 2016:

Como primer paso debemos exportar las cargas del software etabs al software safe.

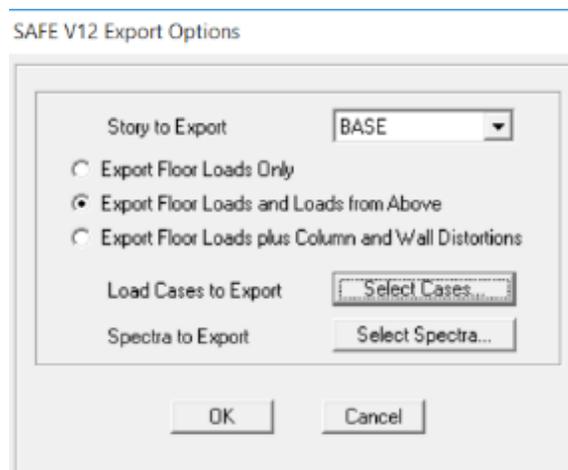


Figura 15 Exportando cargas al software safe  
Fuente: Elaboración propia.

#### A. Definición de materiales:

Los materiales empleados fueron el concreto de  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y el acero  $Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .

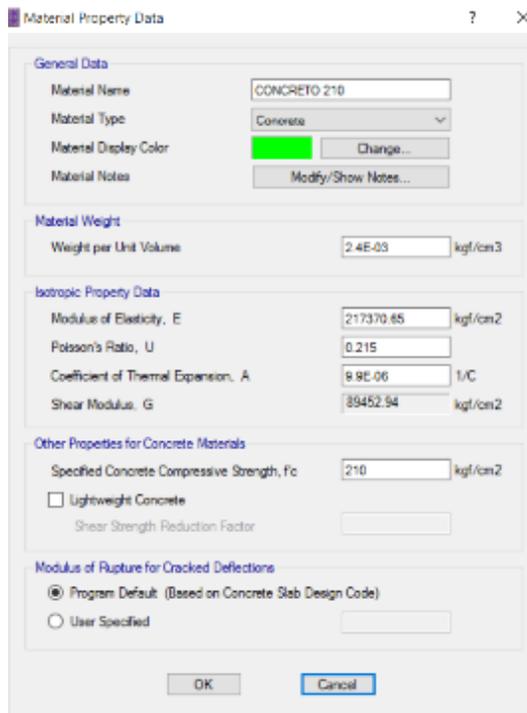


Figura 16 Definiendo concreto 210  
Fuente: Elaboración propia.

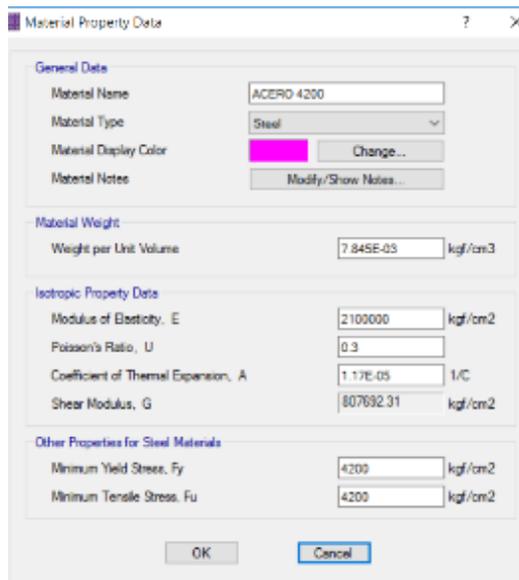


Figura 17 Definiendo acero 4200  
Fuente: Elaboración propia.

## B. Definición de zapatas y columnas:

El grosor de las zapatas y columnas mínimo es de 60cm según las normas peruanas.

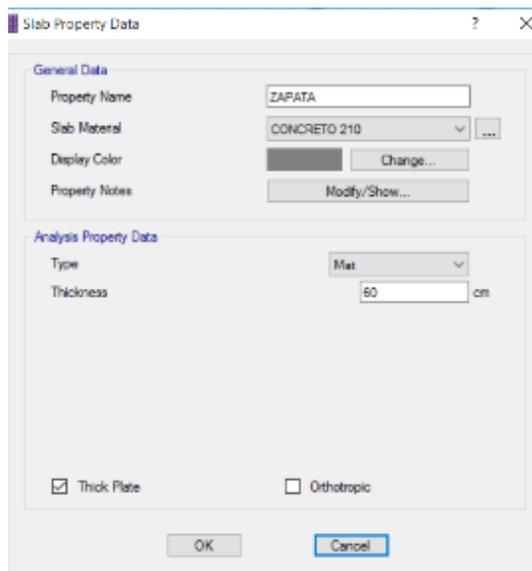


Figura 18 Definiendo zapata  
Fuente: Elaboración propia.

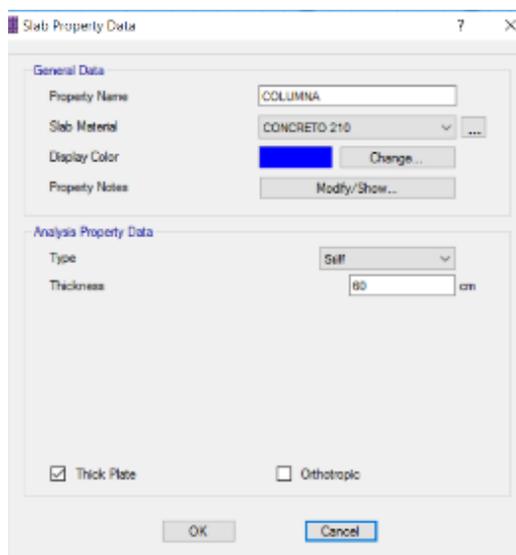


Figura 19 Definiendo columna  
Fuente: Elaboración propia.

### C. Definición de suelo:

Este es el paso más importante de la investigación ya que aquí es donde aplicamos los coeficientes de balasto estudiados.

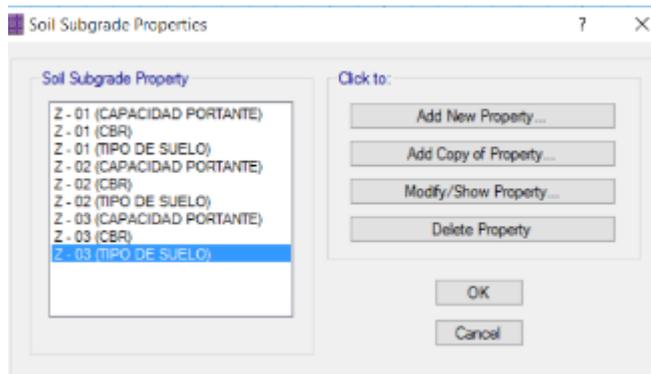


Figura 20 Definiendo el suelo  
Fuente: Elaboración propia.

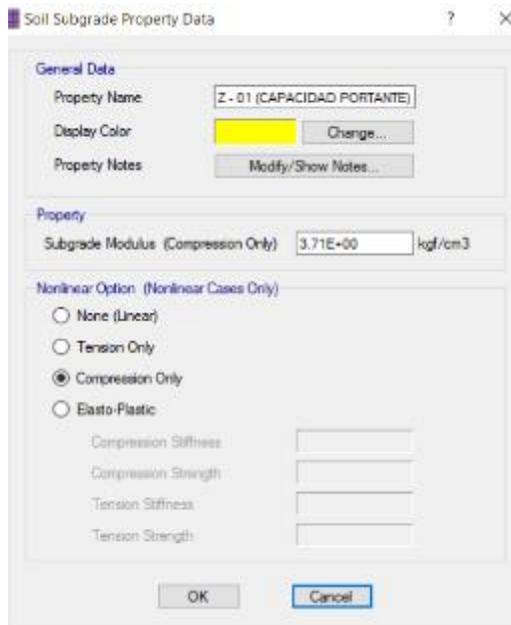


Figura 21 Z – 01 según capacidad portante  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 22 Z – 01 según CBR  
Fuente: Elaboración propia.

Soil Subgrade Property Data

General Data

Property Name: Z - 01 (TIPO DE SUELO)

Display Color:  Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Property

Subgrade Modulus (Compression Only): 2.3E+00 kgf/cm3

Nonlinear Option (Nonlinear Cases Only)

None (Linear)

Tension Only

Compression Only

Elasto-Plastic

Compression Stiffness:

Compression Strength:

Tension Stiffness:

Tension Strength:

OK Cancel

Figura 23 Z – 01 según tipo de suelo  
Fuente: Elaboración propia.

Soil Subgrade Property Data

General Data

Property Name: Z - 02 (CAPACIDAD PORTANTE)

Display Color:  Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Property

Subgrade Modulus (Compression Only): 3.71E+00 kgf/cm3

Nonlinear Option (Nonlinear Cases Only)

None (Linear)

Tension Only

Compression Only

Elasto-Plastic

Compression Stiffness:

Compression Strength:

Tension Stiffness:

Tension Strength:

OK Cancel

Figura 24 Z – 02 según capacidad portante  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 25 Z – 02 según CBR  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 26 Z – 02 según tipo de suelo  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 27 Z – 03 según capacidad portante  
Fuente: Elaboración propia.

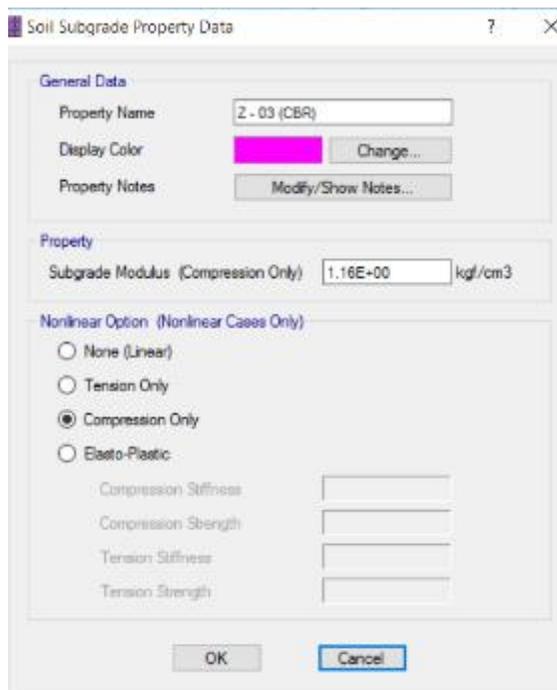


Figura 28 Z – 03 según CBR  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 29 Z – 03 según tipo de suelo  
Fuente: Elaboración propia.

#### D. Definición de carga de servicio:

La carga de servicio es la suma de la carga viva y la carga muerta.

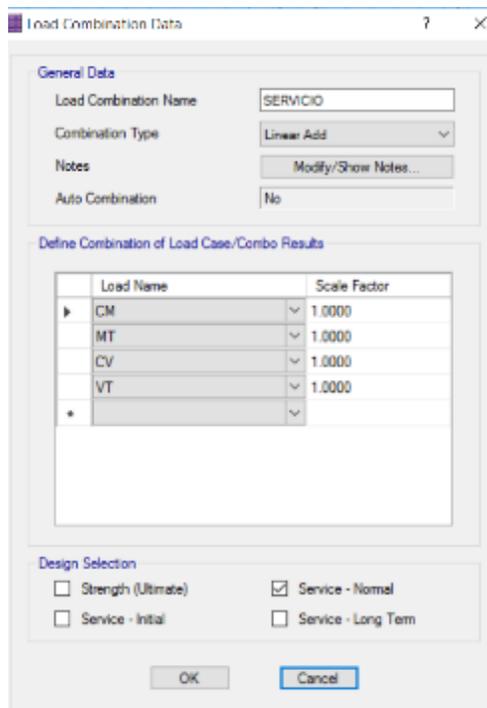


Figura 30 Definiendo carga de servicio  
Fuente: Elaboración propia.



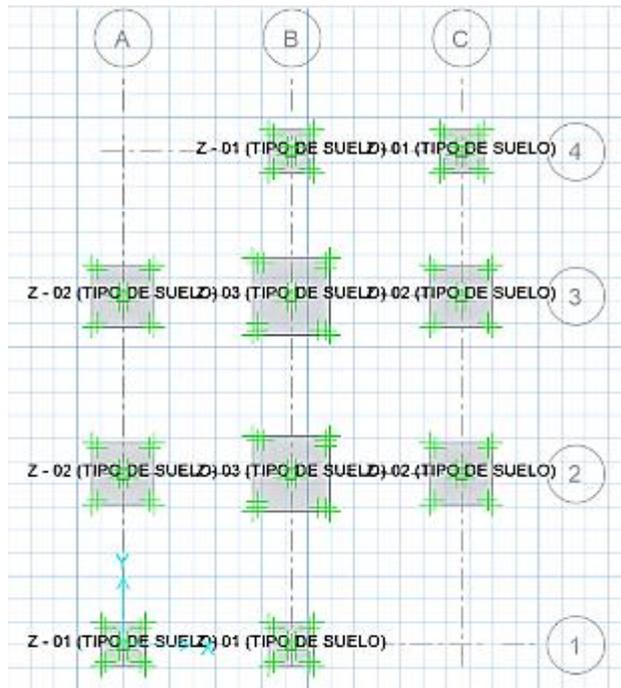


Figura 33 Apoyo en el suelo según tipo de suelo  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2. Resultados de la cimentación superficial:

El análisis de la cimentación superficial se realizará en las presiones sobre las zapatas y el asentamiento producido por las cargas.

##### A. Presiones según el tipo de suelo:

La presión máxima que deberían soportar las zapatas es igual a 12 veces la capacidad portante en Kg/cm<sup>2</sup>.

La capacidad portante de nuestra investigación es igual a 1.84Kg/cm<sup>2</sup> que al ser multiplicado por 12 nos es igual a una presión máxima de 22.08Tn/m<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla observamos las presiones sobre la zapata según el tipo de suelo:

Tabla 32  
Presiones según el tipo de suelo

| TIPO DE ZAPATA | DIMENSIONES |           | PRESIONES (Tn/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|-------------|-----------|--------------------------------|
|                | BASE (m)    | LARGO (m) |                                |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 14.94                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 14.76                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 19.68                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 19.71                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 13.22                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 16.88                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 16.44                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 13.23                          |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 16.20                          |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 16.06                          |

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar todas las presiones sobre las zapatas según el tipo de suelos son menores a la máxima admisible.

### B. Deformación según el tipo de suelo:

Según las normas peruanas, la deformación o asentamiento máximo en una cimentación debe ser igual a 1pulg o 2.54cm.

Tabla 33  
Deformación según el tipo de suelo

| TIPO DE ZAPATA | DIMENSIONES |           | DEFORMACION (cm) |
|----------------|-------------|-----------|------------------|
|                | BASE (m)    | LARGO (m) |                  |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.649            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.642            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.855            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.857            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.806            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 1.029            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 1.003            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.807            |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 1.237            |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 1.226            |

Fuente: Elaboración propia.

Las deformaciones de las zapatas según el tipo de suelo son menores a la máxima admisible.

### C. Presiones según el CBR:

En la siguiente tabla se observa las presiones sobre las zapatas según el CBR:

Tabla 34  
Presiones según el CBR

| TIPO DE ZAPATA | DIMENSIONES |           | PRESIONES (Tn/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|-------------|-----------|--------------------------------|
|                | BASE (m)    | LARGO (m) |                                |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 14.96                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 14.78                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 19.70                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 19.73                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 13.24                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 16.90                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 16.46                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 13.25                          |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 16.23                          |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 16.08                          |

Fuente: Elaboración propia.

Las presiones sobre la zapata según el CBR son menores al máximo admisible.

### D. Deformación según el CBR:

En la siguiente tabla se observa las deformaciones de las zapatas según el CBR:

Tabla 35  
Deformación según el CBR

| TIPO DE ZAPATA | DIMENSIONES |           | DEFORMACION (cm) |
|----------------|-------------|-----------|------------------|
|                | BASE (m)    | LARGO (m) |                  |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.736            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.727            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.969            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.971            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.912            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 1.164            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 1.134            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.912            |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 1.397            |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 1.385            |

Fuente: Elaboración propia.

Las deformaciones de las zapatas según el CBR son menores a la máxima admisible.

#### E. Presiones según la capacidad portante:

En la siguiente tabla se observa las presiones sobre las zapatas según la capacidad portante:

Tabla 36  
Presiones según la capacidad portante

| TIPO DE ZAPATA | DIMENSIONES |           | PRESIONES (Tn/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|-------------|-----------|--------------------------------|
|                | BASE (m)    | LARGO (m) |                                |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 14.91                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 14.73                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 19.64                          |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 19.67                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 13.18                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 16.83                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 16.39                          |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 13.18                          |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 16.12                          |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 15.98                          |

Fuente: Elaboración propia.

Las presiones sobre la zapata según la capacidad portante son menores al máximo admisible.

**F. Deformación según la capacidad portante:**

En la siguiente tabla se observa las deformaciones de las zapatas según la capacidad portante:

Tabla 37  
Deformación según la capacidad portante

| TIPO DE ZAPATA | DIMENSIONES |           | DEFORMACION (cm) |
|----------------|-------------|-----------|------------------|
|                | BASE (m)    | LARGO (m) |                  |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.402            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.398            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.530            |
| Z-01           | 1.00        | 1.00      | 0.531            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.356            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.455            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.443            |
| Z-02           | 1.40        | 1.40      | 0.356            |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 0.435            |
| Z-03           | 1.75        | 1.75      | 0.431            |

Fuente: Elaboración propia.

Las deformaciones de las zapatas según la capacidad portante son menores a la máxima admisible.

**4.5. Contrastación de pruebas hipótesis**

Seguidamente, procedemos a realizar la comparación de la hipótesis: “La caracterización de los suelos influye significativamente en el coeficiente de

balasto en el distrito de Pilcomayo”, de donde se plantea hipótesis nulas (H0) y alterna (H1) correspondiente:

#### 4.5.1. Paso: Formulación de la hipótesis

- **Hipótesis nula H0:** La caracterización de los suelos si influye significativamente en el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.
- **Hipótesis alternativa H1:** La caracterización de los suelos no influye significativamente en el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.

#### 4.5.2. Paso: Elección del estadístico

**Estadístico del contraste:** Es una variable aleatoria función de la muestra. Tiene su distribución asociada al proceso de muestreo y según el valor que tome se decide aceptar o rechazar la hipótesis nula (H0).

Tabla 38  
Se acepta o rechazar la hipótesis nula

| <b>Decisión/<br/>realidad</b> | <b>Ho Cierta</b> | <b>Ho falso</b> |
|-------------------------------|------------------|-----------------|
| Aceptar Ho                    | correcto         | Error tipo II   |
| Rechazar Ho                   | Error tipo I     | correcto        |

Fuente propia

- Si rechazamos la hipótesis nula (H0), entonces se acepta la hipótesis alternativa. (H1).

- Si no rechazamos la hipótesis nula ( $H_0$ ), esto no implica necesariamente que sea cierta, simplemente no tenemos evidencia para rechazar.

#### 4.5.3. Determinación de la región crítica:

Es el conjunto de valores del estadístico del contraste que nos lleve a la decisión de aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

#### 4.5.4. Cálculo del valor del estadístico por la prueba “t”:

**De donde:**

$$\text{Formula : } T_c = \left| \frac{\bar{x} - u_0}{s/\sqrt{n}} \right|$$

- $\alpha = 0.05$
- $U_0 =$  Hipótesis Alternativa
- $N =$  Muestra
- $\bar{x} =$  Promedio

Resultado de la hipótesis del deterioro estructural

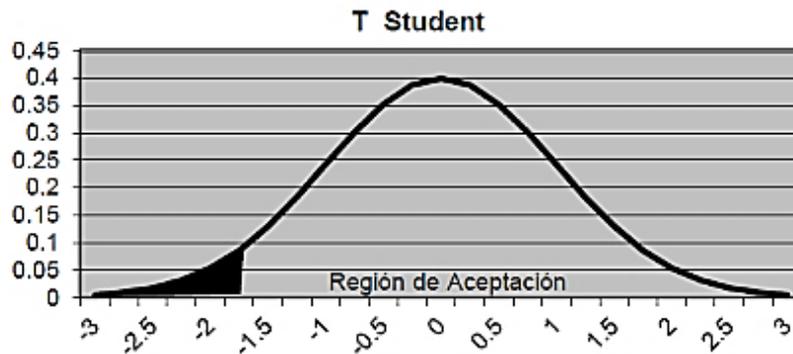
**Datos:**

$\alpha = 0.05$ ;  $N = 3$ ;  $(x) = 13$ ;

$U_0 = 15$ ;  $T_c = -0.69$ ;  $gl = 3-1$ ;  $gl = 2$

$$gl = n-1$$

$$T_c = \left| \frac{13-15}{5/\sqrt{3}} \right|$$



El gráfico podemos observar que se muestra en el lado unilateral por la derecha por la distribución t de student donde:  $T_{\alpha} = 2.625$ , de donde los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), porque el valor crítico nos salió el valor de (2.625), razón por lo cual supera al estadístico de prueba, donde se obtuvo el valor de (-0.69), por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

Donde la conclusión sería que La caracterización de los suelos si influye significativamente en el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.

#### 4.6. Contrastación de pruebas hipótesis específica

Seguidamente, procedemos a realizar la comparación de la hipótesis: “La relación de los coeficientes de balasto influye significativamente en óptima cimentación superficial para el distrito de Pilcomayo.”, de donde se plantea hipótesis nulas ( $H_0$ ) y alterna ( $H_1$ ) correspondiente:

##### 4.6.1. Paso: Formulación de la hipótesis

- **Hipótesis nula  $H_0$ :** La relación de los coeficientes de balasto si influye directa y significativamente en óptima cimentación superficial para el distrito de Pilcomayo.

- **Hipótesis alternativa H1:** La relación de los coeficientes de balasto no influye directa ni significativamente en óptima cimentación superficial para el distrito de Pilcomayo.

#### 4.6.2. Paso: Elección del estadístico

**Estadístico del contraste:** Es una variable aleatoria función de la muestra. Tiene su distribución asociada al proceso de muestreo y según el valor que tome se decide aceptar o rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Tabla 39  
Se acepta o rechazar la hipótesis nula

| <b>Decisión/<br/>realidad</b> | <b><math>H_0</math> Cierta</b> | <b><math>H_0</math> falso</b> |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Aceptar $H_0$                 | correcto                       | Error tipo II                 |
| Rechazar $H_0$                | Error tipo I                   | correcto                      |

Fuente propia

- Si rechazamos la hipótesis nula ( $H_0$ ), entonces se acepta la hipótesis alternativa. ( $H_1$ ).
- Si no rechazamos la hipótesis nula ( $H_0$ ), esto no implica necesariamente que sea cierta, simplemente no tenemos evidencia para rechazar.

#### 4.6.3. Determinación de la región crítica:

Es el conjunto de valores del estadístico del contraste que nos lleve a la decisión de aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

#### 4.6.4. Cálculo del valor del estadístico por la prueba “t”:

De donde:

$$\text{Formula : } T_c = \left| \frac{\bar{x} - u_0}{s/\sqrt{n}} \right|$$

- $\alpha = 0.05$
- $U_0 = \text{Hipótesis Alternativa}$
- $N = \text{Muestra}$
- $\bar{x} = \text{Promedio}$

Resultado de la hipótesis del deterioro estructural

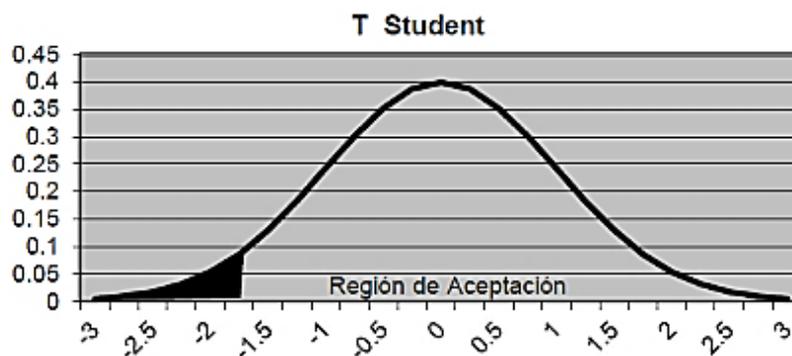
**Datos:**

$\alpha = 0.05$ ;  $N = 3$ ;  $(x) = 13$ ;

$U_0 = 15$ ;  $T_c = -0.87$ ;  $gl = 3-1$ ;  $gl = 1$

$$gl = n-1$$

$$T_c = \left| \frac{13-15}{5/\sqrt{3}} \right|$$



El gráfico podemos observar que se muestra en el lado unilateral por la derecha por la distribución t de student donde:  $T_\alpha = 1.965$ , de donde los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), porque el valor

critico nos salió el valor de (1.965), razón por lo cual supera al estadístico de prueba, donde se obtuvo el valor de (-0.87), por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa (H1).

Donde la conclusión sería que la relación de los coeficientes de balasto influye significativamente en óptima cimentación superficial para el distrito de Pilcomayo.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Descripción de los resultados

Comparación de resultados de la cimentación superficial según lo que se pudo observar en el capítulo anterior, se determinó el coeficiente de balasto para cada tipo de zapata según los tres métodos estudiados, los cuales se pueden observar de forma resumida en la siguiente tabla:

Tabla 40  
Presiones de los tres métodos estudiados

| TIPO DE ZAPATA | COEFICIENTE DE BALASTO (Kg/cm <sup>3</sup> ) |           |                          |
|----------------|--|-----------|--------------------------|
|                | SEGÚN TIPO DE SUELO                          | SEGÚN CBR | SEGÚN CAPACIDAD PORTANTE |
| Z-01           | 2.30   | 2.03      | 3.71                     |
| Z-01           | 2.30   | 2.03      | 3.71                     |
| Z-01           | 2.30   | 2.03      | 3.71                     |
| Z-01           | 2.30   | 2.03      | 3.71                     |
| Z-02           | 1.64   | 1.45      | 3.71                     |
| Z-02           | 1.64   | 1.45      | 3.71                     |
| Z-02           | 1.64   | 1.45      | 3.71                     |
| Z-02           | 1.64   | 1.45      | 3.71                     |
| Z-03           | 1.31   | 1.16      | 3.71                     |
| Z-03           | 1.31   | 1.16      | 3.71                     |

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes de balasto mencionados en la tabla anterior fueron aplicados en el diseño de una cimentación superficial correspondiente a

una vivienda, determinando las presiones que actúan sobre las zapatas y las deformaciones o asentamientos que sufren debido a las cargas aplicadas. También podemos observar que los coeficientes de balasto según el CBR son menores a los otros dos métodos estudiados por lo que se podía deducir que los resultados para este caso serán más críticos.

### 5.1.1. Comparación de presiones:

Las presiones sobre las zapatas de los tres métodos estudiados los podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 41  
Presiones de los tres métodos estudiados

| TIPO DE ZAPATA | PRESIONES           |           |                          |
|----------------|---------------------|-----------|--------------------------|
|                | SEGÚN TIPO DE SUELO | SEGÚN CBR | SEGÚN CAPACIDAD PORTANTE |
| Z-01           | 14.94               | 14.96     | 14.91                    |
| Z-01           | 14.76               | 14.78     | 14.73                    |
| Z-01           | 19.68               | 19.70     | 19.64                    |
| Z-01           | 19.71               | 19.73     | 19.67                    |
| Z-02           | 13.22               | 13.24     | 13.18                    |
| Z-02           | 16.88               | 16.90     | 16.83                    |
| Z-02           | 16.44               | 16.46     | 16.39                    |
| Z-02           | 13.23               | 13.25     | 13.18                    |
| Z-03           | 16.20               | 16.23     | 16.12                    |
| Z-03           | 16.06               | 16.08     | 15.98                    |

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior, las presiones según los tres métodos estudiados no tienen una variación considerable a pesar de que los coeficientes de balasto de la Z-03 según el tipo de suelo y

CBR son menores en un 64.69% y 68.73% respectivamente con respecto al coeficiente de balasto según la capacidad portante.

### 5.1.2. Comparación de asentamientos o deformaciones:

Los asentamientos o deformaciones de las zapatas de los tres métodos estudiados los podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 42  
Asentamientos de los tres métodos estudiados

| TIPO DE ZAPATA | ASENTAMIENTOS O DEFORMACIONES |           |                          |
|----------------|-------------------------------|-----------|--------------------------|
|                | SEGÚN TIPO DE SUELO           | SEGÚN CBR | SEGÚN CAPACIDAD PORTANTE |
| Z-01           | 0.649                         | 0.736     | 0.402                    |
| Z-01           | 0.642                         | 0.727     | 0.398                    |
| Z-01           | 0.855                         | 0.969     | 0.530                    |
| Z-01           | 0.857                         | 0.971     | 0.531                    |
| Z-02           | 0.806                         | 0.912     | 0.356                    |
| Z-02           | 1.029                         | 1.164     | 0.455                    |
| Z-02           | 1.003                         | 1.134     | 0.443                    |
| Z-02           | 0.807                         | 0.912     | 0.356                    |
| Z-03           | 1.237                         | 1.397     | 0.435                    |
| Z-03           | 1.226                         | 1.385     | 0.431                    |

Fuente: Elaboración propia.

Cómo podemos observar en la tabla anterior, los asentamientos según el CBR son mayores en todas las zapatas con respecto a los otros dos métodos estudiados por lo que se deduce que el coeficiente de balasto determinado según las características físicas y mecánicas de los suelos tienen influencia directa en el diseño de una cimentación superficial ya que cualquiera de los casos puede llegar a ser el más crítico.

## CONCLUSIONES

1. La caracterización de los suelos tiene relación directa en la obtención del coeficiente de balasto ya que estos varían de acuerdo a sus diversas características tanto físicas como mecánicas; pero también de la elección del método de estimación con la que se va evaluar, esto debido a su influencia en el comportamiento de la cimentación superficial tanto en las presiones sobre las zapatas como en las deformaciones o asentamiento.
2. Se determinó el coeficiente de balasto según las características físicas que refieren al tipo de suelo el cual es igual a  $7.67\text{Kg/cm}^3$ , las características mecánicas refieren al coeficiente de balasto según el CBR el cual es igual a  $6.76\text{Kg/cm}^3$  y el coeficiente de balasto según la capacidad portante es igual a  $3.71\text{Kg/cm}^3$ .
3. Se determinó el coeficiente de balasto para un área de carga según el tipo de suelo para la Z – 01 igual a  $2.30\text{Kg/cm}^3$ , Z – 02 igual a  $1.64\text{Kg/cm}^3$  y Z – 03 igual a  $1.31\text{Kg/cm}^3$ . Según el CBR para la Z -01 igual a  $2.03\text{Kg/cm}^3$ , Z - 02 igual a  $1.45\text{Kg/cm}^3$  y Z – 03 igual a  $1.16\text{Kg/cm}^3$ . La capacidad portante aplica el coeficiente de balasto de forma directa y esta es igual a  $3.71\text{Kg/cm}^3$ .
4. Se aplicó los coeficientes de balastos de los tres métodos estudiados en una cimentación de una vivienda unifamiliar en el que podemos observar que las presiones sobre las zapatas tienen una mínima diferencia y son menores a la máxima admisible, las deformaciones según el CBR son mayores a los otros dos métodos aplicados, las deformaciones según el tipo de suelo disminuyen en un 11.82% y las deformaciones según la capacidad portante disminuyen en un 45.38%.

## RECOMENDACIONES

1. Aplicar coeficientes de balasto obtenidos mediante ensayos de laboratorio o de campo y no estimar dicho parámetro de manera muy teórica; mediante el cual poder calcular las presiones y los asentamientos que se generan en las zapatas, lo cual, mediante esta información de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones, se podrán cambiar sus dimensiones con el fin de no exceder los límites de tolerancia admisibles.
2. Aplicar los coeficientes de balasto obtenidos por diferentes métodos en el diseño de cimentaciones superficiales con la finalidad de comprar las presiones y las deformaciones o asentamientos para determinar el que mejor se adapta según las características de los suelos.
3. Aplicar el método de área de carga en el diseño de cimentaciones superficiales ya que se pudo comprobar que esta nos ofrece resultados más exactos con los cuales podemos reducir los costos y tiempo de ejecución en la construcción o dimensionamiento de zapatas.
4. Difundir la información de esta investigación en los estudiantes, profesionales y personal referente a la ingeniería civil con la finalidad de promover la aplicación de diferentes métodos para la obtención de coeficientes de balasto en el diseño de cimentaciones superficiales.

## BILIOGRAFIA

- ARIAS, Fidias G. 2012. EL PROYECTO DE INVESTIGACION - *Introducción a la metodología científica*. Sexta. Caracas: EPISTEME, 2012. pág. 146. 980-07-8529-9.
- BAÑON, Blazquez Luis y Bevia García, José. 2012. *Manual de Carreteras*. Lima: s.n., 2012. pág. 328. Vol. II.
- BERROCAL CANCHARI, José Carlos. 2013. *Métodos analíticos y numéricos aplicados al diseño de cimentaciones superficiales considerando su interacción con el suelo*. LIMA: s.n., 2013. pág. 195.
- BORJA S., Manuel. 2012. *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo: s.n., 2012. pág. 38.
- CALAVERA RUIZ, José. 2000. *Cálculo de Estructuras de Cimentación*. Madrid: Instituto técnico de materiales y construcciones (Intemac), 2000. pág. 531. 84-88764-09-X.
- CCANTO MALLMA, Germán. 2010. *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil- Ingeniería de Transportes*. Tercera. 2010. pág. 404. 0260-89-330-0.
- DAS, BRAJA M. 2011. *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. Séptima*. México D.F. : Cengage Learning Editores, 2011. pág. 819. 987-607-481-823-9. 2013. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cuarta. México: Cengage Learning Editores, 2013. pág. 658. 978-607-519-373-1.
- DAS, BRAJA M. 1999. *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. México: THOMSON Learning, 1999. pág. 880. 970-686-035-5.
- NELSON MORRISON. 1993. *Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler*. Barcelona: s.n., 1993.
- NORMA TECNICA E.020. 2015. NORMA TECNICA. Lima: s.n., 2015. pág. 29.

- Norma Técnica E.050. 2015. *SUELOS Y CIMENTACIONES*. Lima: MACRO, 2015. pág. 55.
- NTP 339.128, Norma Técnica Peruana. 2006. *SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima: Indecopi, 2006.
- NTP 339.129, Norma Técnica Peruana. 2006. *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*. Lima: Indecopi, 2006.
- NUÑEZ RUIZ, Dennys Andrés. 2014. *Análisis comparativo de modelación de pilotes con métodos de coeficiente de balasto y elementos finitos*. CHILE: s.n., 2014. pág. 100.
- Pantoja Arboleda, Paola Viviana y Suarez Suarez, Jorge Andrés. 2015. *Estudio sobre la relación entre el ensayo de penetración estándar y el coeficiente de balasto (K) para suelos derivados de cenizas volcánicas en la zona de expansión urbana de Cerritos-Pereira*. Colombia: s.n., 2015. pág. 99, Tesis de Grado.
- PECK, RALPH, HANSON, WALTER y THORNBURN, THOMAS. 1983. *Ingeniería de Cimentaciones*. México D.F.: LIMUSA S.A., 1983. pág. 564. 968-18-1414-2.
- Pérez Gómez, Jose Arcesio. 2016. *Análisis comparativo del módulo K de la subrasante mediante el método directo y el obtenido en laboratorio*. Guayaquil-Ecuador: s.n., 2016. pág. 107, Tesis de grado.

# **ANEXOS**

## **ANEXOS ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

### **ANEXO 2: ENSAYOS DE LABORATORIO DEL SUELO: CALICATA 1**

A.2.1.M1. Contenido de Humedad

A.2.1.M2. Contenido de Humedad

A.2.1.M3. Contenido de Humedad

A.2.1.M1. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.2.1.M2. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.2.1.M3. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.2.1.M1. Limite Líquido, Limite Plástico

A.2.1.M2. Limite Líquido, Limite Plástico

A.2.1.M3. Limite Líquido, Limite Plástico

A.2.1.M2: Ensayo de CBR

A.2.1.M1: Ensayo de Corte Directo

### **ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO DEL SUELO: CALICATA 2**

A.3.2.M1. Contenido de Humedad

A.3.2.M2. Contenido de Humedad

A.3.2.M3. Contenido de Humedad

A.3.2.M1. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.3.2.M2. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.3.2.M3. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.3.2.M1. Limite Líquido, Limite Plástico

A.3.2.M2. Limite Líquido, Limite Plástico

A.3.2.M3. Limite Líquido, Limite Plástico

A.3.2.M1: Ensayo de CBR

A.3.2.M2: Ensayo de Corte Directo

#### **ANEXO 4: ENSAYOS DE LABORATORIO DEL SUELO: CALICATA 3**

A.4.3.M1. Contenido de Humedad

A.4.3.M2. Contenido de Humedad

A.4.3.M3. Contenido de Humedad

A.4.3.M1. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.4.3.M2. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.4.3.M3. Análisis Granulométrico por Tamizado

A.4.3.M1. Limite Líquido, Limite Plástico

A.4.3.M2. Limite Líquido, Limite Plástico

A.4.3.M3. Limite Líquido, Limite Plástico

A.4.3.M1: Ensayo de CBR

A.4.3.M1: Ensayo de Corte Directo

#### **ANEXO 5: PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS**

#### **ANEXO 5: PANEL FOTOGRAFICO**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Título: “RELACION DE LA CARACTERIZACION DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO”

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA  | PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS   | FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS  | VARIABLES Y DIMENSIONES  | METODOLOGÍA  |
|---|--|--|--|--|
| <p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Qué relación existe entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) ¿Qué relación existe entre el coeficiente de balasto y las características físicas mecánicas del suelo?</p> <p>b) ¿Qué relación existe entre el coeficiente de balasto y los métodos estudiados en las características físicas mecánicas del suelo?</p> <p>c) ¿Qué relación existe entre la relación de los coeficientes de balastos calculados según métodos estudiados y una adecuada cimentación superficial en el distrito de Pilcomayo?</p> | <p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar la relación que existe entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p><b>a) Determinar qué relación existe entre el coeficiente de balasto y las características físicas mecánicas del suelo.</b></p> <p><b>b) Determinar qué relación existe entre el coeficiente de balasto y los métodos estudiados en las características físicas mecánicas del suelo.</b></p> <p><b>c) Determinar qué relación existe entre la relación de los coeficientes de balastos calculados según</b></p> | <p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Existe una relación directa y significativa entre la caracterización de los suelos y el coeficiente de balasto en el distrito de Pilcomayo.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b></p> <p>a) Existe una relación directa y significativa entre el coeficiente de balasto y las características físicas mecánicas del suelo.</p> <p>b) Existe una relación directa y significativa entre el coeficiente de balasto y los métodos estudiados en las características físicas mecánicas del suelo.</p> <p>c) Existe una relación directa y significativa entre la relación de los coeficientes de balastos calculados según métodos estudiados y una adecuada cimentación superficial en el distrito de Pilcomayo.</p> | <p><b>VARIABLES:</b></p> <p><b>Variable dependiente:</b><br/>Coeficiente de balasto</p> <p><b>Variable independiente:</b><br/>Caracterización del suelo</p> <p><b>OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES</b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformación</li> <li>• Tensión – Presión</li> <li>• Asentamiento</li> </ul> <p><b>Variable independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Físicas</li> <li>• Químicas</li> <li>• Biológicas</li> </ul> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia al corte</li> <li>• Modelo Mohr-Coulomb</li> <li>• Elasticidad</li> <li>• Presión lateral</li> </ul> | <p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b><br/>Método Científico</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b><br/>Aplicativo</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b><br/>Descriptivo – correlacional</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b><br/>Experimental</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Población: estará determinada por el área accesible del a la urbanización de WAYRA del distrito de Pilcomayo, la cual presenta un área superficial de 0.80 km<sup>2</sup>.</li> </ul> |

|  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|  | <p><b>métodos estudiados y una adecuada cimentación superficial en el distrito de Pilcomayo.</b></p> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión en reposo</li> <li>• Presión activa y pasiva</li> <li>• Asentamiento Inicial</li> <li>• Asentamiento por consolidación</li> <li>• Consolidación secundaria</li> </ul> <p><b>Variable independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución de agregados</li> <li>• PH</li> <li>• % materia orgánica</li> <li>• Fosforo</li> <li>• Potasio y sodio</li> <li>• Calcio y magnesio</li> <li>• Micronutrientes</li> <li>• Actividad biológica</li> <li>• Biomasa microbiana</li> <li>• Cocientes q CO2 -qC</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra: será no probabilística, el tipo de muestreo será por conveniencia donde se realizaron 3 calicatas de observación</li> </ul> |
|--|--|--|--|---|

### MATRIZ: DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| Variable                          | Dimensión         | Indicador                      |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| <b>Coefficiente de balasto:</b>   | Deformación       | Resistencia al Corte           |
|                                   |                   | Modelo de Mohr-Coulomb         |
|                                   |                   | Elasticidad                    |
|                                   | Tensión - Presión | Presión Lateral                |
|                                   |                   | Presión en reposo              |
|                                   |                   | Presión activa y pasiva        |
|                                   | Asentamiento      | Asentamiento Inicial           |
|                                   |                   | Asentamiento por Consolidación |
|                                   |                   | Consolidación Secundaria       |
| <b>Caracterización del suelo:</b> | Físicas           | Textura (pipeta)               |
|                                   |                   | Densidad aparente              |
|                                   |                   | Densidad real                  |
|                                   |                   | Porosidad total                |
|                                   |                   | Conductividad hidráulica       |
|                                   | Químicas          | Distribución de agregados      |
|                                   |                   | PH                             |
|                                   |                   | % materia orgánica             |
|                                   |                   | Fosforo                        |
|                                   |                   | Potasio y sodio                |
|                                   |                   | Calcio y magnesio              |
|                                   | Biológicas        | Micronutrientes                |
|                                   |                   | Actividad biológica            |
|                                   |                   | Biomasa microbiana             |
|                                   |                   |                                |

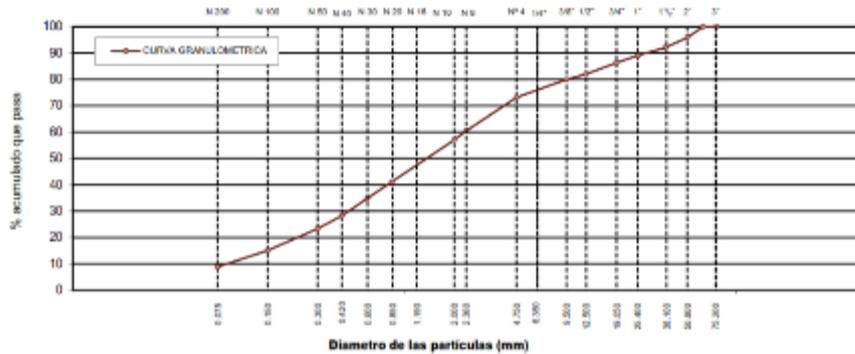
# **ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 (MTC E 107/ AASHTO T-89/ ASTM D-22 )

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito Pilcomayo, Provincia Ilabaya, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287508 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M- 2 **N°** 057078 **REALIZADO POR** : C.C.O.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| TAMIZ    | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. | %RET. AC. | % Q' PASA |                            |        |       |
|----------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|----------------------------|--------|-------|
| 3"       | 76.200     |           |       |           |           | PESO INICIAL = 4884.0      |        |       |
| 2 1/2"   | 63.500     |           |       |           | 100.0     | SUB-MUESTRA < N° 4 = 500.0 |        |       |
| 2"       | 50.800     | 201.0     | 4.1   | 4.1       | 95.9      |                            |        |       |
| 1 1/2"   | 37.500     | 185.0     | 3.8   | 7.9       | 92.1      | HUMEDAD NATURAL (%) = 4.5  |        |       |
| 1"       | 25.700     | 147.0     | 3.0   | 10.9      | 89.1      |                            |        |       |
| 3/4"     | 19.000     | 134.0     | 2.7   | 13.7      | 86.3      | LIMITES DE CONSISTENCIA    |        |       |
| 1/2"     | 12.500     | 210.0     | 4.3   | 18.0      | 82.0      | Limite Liquido = 0         |        |       |
| 3/8"     | 9.500      | 100.0     | 2.0   | 20.0      | 80.0      | Limite Plastico = NP       |        |       |
| N° 4     | 4.750      | 336.0     | 6.9   | 26.9      | 73.1      | Indice de Plasticidad = NP |        |       |
| N° 8     | 2.360      | 86.7      | 12.7  | 39.6      | 60.4      |                            |        |       |
| N° 10    | 2.000      | 23.6      | 3.4   | 43.0      | 57.0      |                            |        |       |
| N° 20    | 0.840      | 106.7     | 15.9  | 58.9      | 41.1      |                            |        |       |
| N° 30    | 0.600      | 42.3      | 6.2   | 65.1      | 34.9      | CLASIFICACION              |        |       |
| N° 40    | 0.420      | 45.8      | 6.7   | 71.8      | 28.2      | S.U.C.S : SW-SM            |        |       |
| N° 50    | 0.300      | 33.3      | 4.9   | 76.8      | 23.4      | AASHTO : A-1-b ( 0 )       |        |       |
| N° 100   | 0.150      | 56.8      | 8.3   | 85.0      | 15.0      |                            |        |       |
| N° 200   | 0.075      | 42.1      | 6.2   | 91.1      | 8.9       |                            |        |       |
| < N° 200 |            | 60.0      | 8.9   | 100.0     |           |                            |        |       |
| % GRAVA  | 26.88      | Gruesa    |       | 13.66     | % ARENA   | 64.23                      | Gruesa | 16.11 |
|          |            | Fina      |       | 13.23     | % FINOS   | 6.89                       | Media  | 28.78 |
|          |            |           |       |           |           |                            | Fina   | 19.33 |
|          |            |           |       |           |           |                            |        | 8.89  |

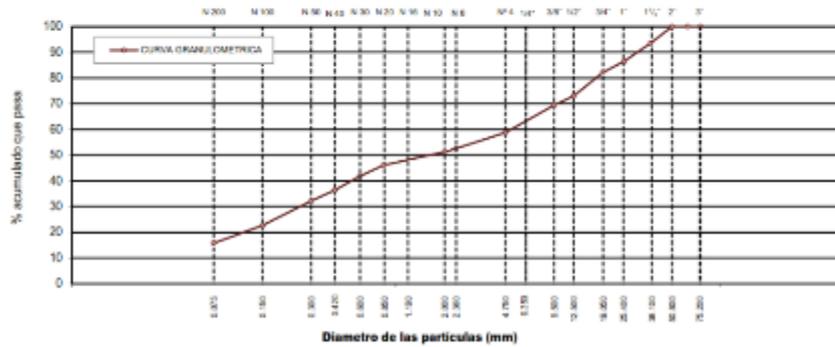
GRAFICO DE CURVA GRANULOMETRICA



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
 (MTC E 107/ AASHTO T-89/ ASTM D-22)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE DALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito Pilcomayo, Provincia Ilabaya, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N-8570578** **REALIZADO POR** : C.C.O.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

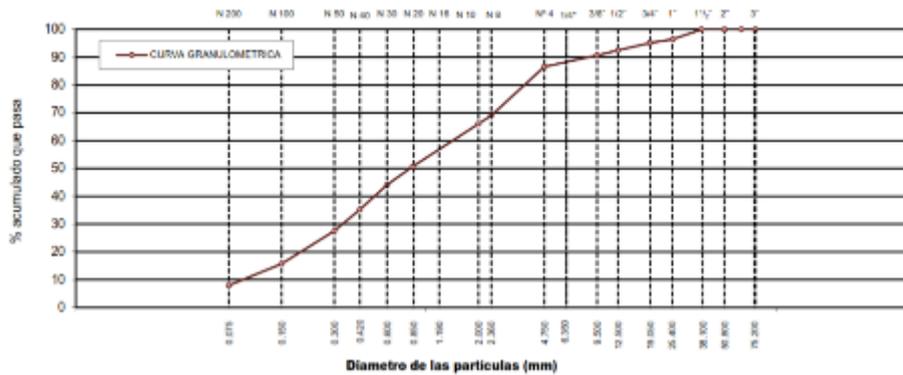
| TAMIZ    | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. | %RET. AG. | % Q' PASA |                                |        |       |
|----------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|--------------------------------|--------|-------|
| 3"       | 76.200     |           |       |           |           | PESO INICIAL = 4317.0          |        |       |
| 2 1/2"   | 63.300     |           |       |           |           | SUB-MUESTRA < N° 4 = 500.0     |        |       |
| 2"       | 50.800     |           |       |           | 100.0     |                                |        |       |
| 1 1/2"   | 37.500     | 277.0     | 6.4   | 6.4       | 93.6      | HUMEDAD NATURAL (%) = 4.5      |        |       |
| 1"       | 25.000     | 308.0     | 7.1   | 13.6      | 96.4      |                                |        |       |
| 3/4"     | 19.050     | 184.0     | 4.3   | 17.8      | 82.2      | <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> |        |       |
| 3/8"     | 12.500     | 398.0     | 9.2   | 27.0      | 73.0      |                                |        |       |
| 2 1/4"   | 9.500      | 152.0     | 3.5   | 30.6      | 69.4      | Límite Líquido = 24.3          |        |       |
| N° 4     | 4.750      | 462.0     | 10.7  | 41.3      | 58.7      | Límite Plástico = 20.6         |        |       |
| N° 8     | 2.360      | 62.3      | 6.1   | 47.4      | 52.6      | Índice de Plasticidad = 3.7    |        |       |
| N° 10    | 2.000      | 11.1      | 1.3   | 48.7      | 51.3      |                                |        |       |
| N° 20    | 0.840      | 44.3      | 5.2   | 53.9      | 46.1      | <b>CLASIFICACION</b>           |        |       |
| N° 30    | 0.600      | 36.0      | 4.3   | 58.2      | 41.8      | S.U.C.S : SM                   |        |       |
| N° 40    | 0.420      | 45.8      | 5.4   | 63.6      | 36.4      | AASHTO : A-1-b (0)             |        |       |
| N° 50    | 0.300      | 35.6      | 4.2   | 67.8      | 32.2      |                                |        |       |
| N° 100   | 0.150      | 81.7      | 9.6   | 77.4      | 22.6      |                                |        |       |
| N° 200   | 0.075      | 58.4      | 6.9   | 84.3      | 15.7      |                                |        |       |
| < N° 200 |            | 134.0     | 16.7  | 100.0     |           |                                |        |       |
| % GRAVA  | 41.26      | Gruesa    |       | 17.81     | % ARENA   | 43.00                          | Gruesa | 7.45  |
|          |            | Fina      |       | 23.44     | % FINOS   | 15.74                          | Media  | 14.91 |
|          |            |           |       |           |           |                                | Fina   | 20.64 |
|          |            |           |       |           |           |                                |        | 15.74 |

**GRAFICO DE CURVA GRANULOMETRICA**


**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E 107/ AASHTO T-89/ ASTM D-22 )**

**PROYECTO** : REFINACION DE LA CARACTERIZACION DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACION** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACION** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287508 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-3 **N**: N-8670578 **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Gravel **APROBADO POR** : P.A.C.

| TAMIZ          | ABERT. mm.   | PESO RET.     | %RET. | %RET. AC.   | % Q' PASA      |                                      |               |              |
|----------------|--------------|---------------|-------|-------------|----------------|--------------------------------------|---------------|--------------|
| 3"             | 76.200       |               |       |             |                | <b>PESO INICIAL</b> = 4884.0         |               |              |
| 2 1/2"         | 63.300       |               |       |             |                | <b>SUB-MUESTRA &lt; N° 4</b> = 300.0 |               |              |
| 2"             | 50.800       |               |       |             |                |                                      |               |              |
| 1 1/2"         | 37.500       |               |       |             | 100.0          | <b>HUMEDAD NATURAL (%)</b> = 11.0    |               |              |
| 1"             | 25.700       | 174.0         | 3.6   | 3.6         | 96.4           |                                      |               |              |
| 3/4"           | 19.050       | 63.0          | 1.3   | 4.9         | 95.1           | <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>       |               |              |
| 1/2"           | 12.500       | 132.0         | 2.7   | 7.6         | 92.4           | Limite Líquido = 0                   |               |              |
| 3/8"           | 9.500        | 87.0          | 1.8   | 9.3         | 90.7           | Limite Plástico = NP                 |               |              |
| N° 4           | 4.750        | 201.0         | 4.1   | 13.5        | 86.5           | Indice de Plasticidad = NP           |               |              |
| N° 8           | 2.360        | 101.3         | 17.5  | 31.0        | 69.0           |                                      |               |              |
| N° 10          | 2.000        | 16.8          | 2.9   | 33.9        | 66.1           |                                      |               |              |
| N° 20          | 0.840        | 89.2          | 15.4  | 49.3        | 50.7           |                                      |               |              |
| N° 30          | 0.600        | 38.1          | 6.6   | 55.9        | 44.1           | <b>CLASIFICACION</b>                 |               |              |
| N° 40          | 0.420        | 51.3          | 8.9   | 64.8        | 35.2           | S.U.C.S : SW-SM                      |               |              |
| N° 50          | 0.300        | 44.3          | 7.7   | 72.5        | 27.5           | AASHTO : A-1-b (0)                   |               |              |
| N° 100         | 0.150        | 68.1          | 11.8  | 84.3        | 15.7           |                                      |               |              |
| N° 200         | 0.075        | 44.8          | 7.8   | 92.0        | 8.0            |                                      |               |              |
| < N° 200       |              | 46.1          | 8.0   | 100.0       |                |                                      |               |              |
| <b>% GRAVA</b> | <b>13.45</b> | <b>Gruesa</b> |       | <b>4.85</b> | <b>% ARENA</b> | <b>76.57</b>                         | <b>Gruesa</b> | <b>20.44</b> |
|                |              | <b>Fina</b>   |       | <b>8.60</b> | <b>% FINOS</b> | <b>7.98</b>                          | <b>Media</b>  | <b>30.91</b> |
|                |              |               |       |             |                |                                      | <b>Fina</b>   | <b>27.21</b> |
|                |              |               |       |             |                |                                      |               | <b>7.98</b>  |

**GRAFICO DE CURVA GRANULOMETRICA**


LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CABA  
 Pisco Z. Arellano Cruz, T. 1142  
 EN SU SUITE N° 1000

  
 Juan Manuel Pareda Arellano  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. PROF. N° 10000

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
(MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-3 **N**: N-8670578 **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| DESCRIPCION DE LA MUESTRA |     | M-1   | M-2   |
|---------------------------|-----|-------|-------|
| N° TARRO                  |     | -     | -     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 634.1 | 428.7 |
| PESO TARRO + SUELO SECO   | (g) | 608.8 | 408.7 |
| PESO DE AGUA              | (g) | 25.3  | 20.0  |
| PESO DEL TARRO            | (g) | 0.0   | 0.0   |
| PESO DEL SUELO SECO       | (g) | 608.8 | 408.7 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | (%) | 4.2   | 4.9   |
| HUMEDAD PROMEDIO          | (%) | 12.72 |       |

LABORATORIO DE MECANICA DE  
SUELOS Y PAVIMENTOS  
ALBERTO  
CARRERA  
CARRERA  
CARRERA  
CARRERA

JOSE RAMIRO PEREZ ARANGO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COLEGIO INGENIEROS N° 10447

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 (MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE DALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-3 **N-9570370** **REALIZADO POR** : C.C.O.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Gravel **APROBADO POR** : P.A.C.

| DESCRIPCION DE LA MUESTRA |     | M-1   | M-2   |
|---------------------------|-----|-------|-------|
| N° TARRO                  |     | -     | -     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 634.1 | 428.7 |
| PESO TARRO + SUELO SECO   | (g) | 608.8 | 408.7 |
| PESO DE AGUA              | (g) | 25.3  | 20.0  |
| PESO DEL TARRO            | (g) | 0.0   | 0.0   |
| PESO DEL SUELO SECO       | (g) | 608.8 | 408.7 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | (%) | 4.2   | 4.9   |
| HUMEDAD PROMEDIO          | (%) | 13.60 |       |

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CABA  
 Pisco 2, Av. Santa Cruz 1180  
 01000 HUANCAYO


 INSTITUCIÓN EDUCATIVA  
 JOSÉ WASHINGTON PEREZ ARANDA  
 HUANCAYO - JUNÍN  
 19500 HUANCAYO



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**
**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 (MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : DELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia: Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C- 2 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N°8670578** **REALIZADO POR** : C.C.D.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA     | M-1   | M-2   |
|-------------------------------|-------|-------|
| Nº TARRO                      | -     | -     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | 488.1 | 524.3 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   | 463.8 | 500.1 |
| PESO DE AGUA (g)              | 24.3  | 24.2  |
| PESO DEL TARRO (g)            | 0.0   | 0.0   |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       | 463.8 | 500.1 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      | 5.2   | 4.8   |
| HUMEDAD PROMEDIO (%)          | 13.56 |       |

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 P.A.C.

2000 Yungay Persepolis Arriaga  
 INGENIERO C.A.  
 INGENIERIA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**
**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 (MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCONAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito Pilconayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C- 2 **COORDENADAS UTM** : E-287999 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N°8870878** **REALIZADO POR** : C.C.G.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |     | M-1   | M-2   |
|---------------------------|-----|-------|-------|
| N° TARRO                  |     | -     | -     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 488.1 | 524.3 |
| PESO TARRO + SUELO SECO   | (g) | 463.8 | 500.1 |
| PESO DE AGUA              | (g) | 24.3  | 24.2  |
| PESO DEL TARRO            | (g) | 0.0   | 0.0   |
| PESO DEL SUELO SECO       | (g) | 463.8 | 500.1 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | (%) | 5.2   | 4.8   |
| HUMEDAD PROMEDIO          | (%) | 10.00 |       |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 P.A.C.  
 P. A. C.

P. A. C.  
 P. A. C.

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 (MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia: Huancayo, departamento: Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N-8670578** **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA     | M-1   | M-2   |
|-------------------------------|-------|-------|
| N° TARRO                      | -     | -     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | 562.4 | 603.8 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   | 536.8 | 579.0 |
| PESO DE AGUA (g)              | 25.6  | 24.8  |
| PESO DEL TARRO (g)            | 0.0   | 0.0   |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       | 536.8 | 579.0 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      | 4.8   | 4.3   |
| HUMEDAD PROMEDIO (%)          | 10.20 |       |

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. C. Andrés Cruz Velásquez  
 401 20 00 000

  
 Ing. C. Andrés Cruz Velásquez  
 401 20 00 000



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**
**CONTENIDO DE HUMEDAD  
(MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACION DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-267509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-3 **N°** : N-8570578 **REALIZADO POR** : C.C.O.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| DESCRIPCION DE LA MUESTRA     | M-1   | M-2   |
|-------------------------------|-------|-------|
| N° TARRO                      | -     | -     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | 634.1 | 426.7 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   | 608.8 | 408.7 |
| PESO DE AGUA (g)              | 25.3  | 20.0  |
| PESO DEL TARRO (g)            | 0.0   | 0.0   |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       | 608.8 | 408.7 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      | 4.2   | 4.9   |
| HUMEDAD PROMEDIO (%)          | 10.16 |       |

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. Z. Antonio Cruz Vilca  
 MTC E 108/ ASTM D-2216-92

Ing. Z. Antonio Cruz Vilca  
 MTC E 108/ ASTM D-2216-92

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 (MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287909 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N°** : N-8670578 **REALIZADO POR** : C.C.G.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| DESCRIPCION DE LA MUESTRA     | M-1          | M-2   |
|-------------------------------|--------------|-------|
| Nº TARRO                      | -            | -     |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g) | 562.4        | 603.8 |
| PESO TARRO + SUELO SECO (g)   | 536.8        | 579.0 |
| PESO DE AGUA (g)              | 25.6         | 24.8  |
| PESO DEL TARRO (g)            | 0.0          | 0.0   |
| PESO DEL SUELO SECO (g)       | 536.8        | 579.0 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)      | 4.8          | 4.3   |
| HUMEDAD PROMEDIO (%)          | <b>13.58</b> |       |

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 P.A.C. ALBERTO  
 PACHECO ALONSO CIVIL INGENIERO  
 R.C. Nº 140.287 INGENIERO

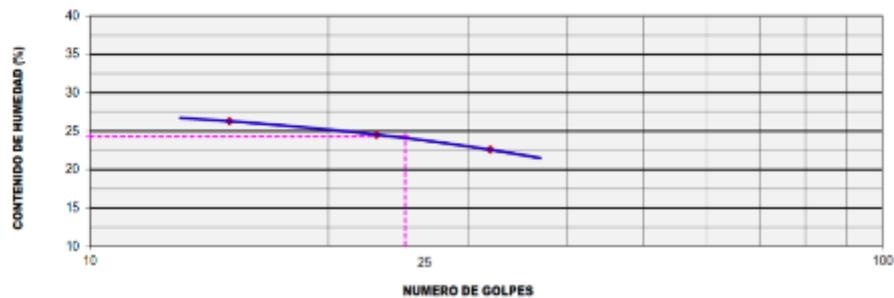

 José Yanorio Perdomo Arce  
 INGENIERO CIVIL  
 RES. COLEGIO INGENIEROS Nº 1404

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E 110, E 111 2000/ AASHTO T-89, T-90/ ASTM D-4318)

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-2 **N-8676578** **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0,00-0,15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS |     |       |       |       |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| N° TARRO                     |     | 16    | 7     | 24    |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO    | (g) | 90.08 | 49.76 | 51.83 |
| PESO TARRO + SUELO SECO      | (g) | 44.49 | 45.52 | 47.26 |
| PESO DE AGUA                 | (g) | 5.59  | 4.24  | 4.57  |
| PESO DEL TARRO               | (g) | 23.24 | 28.22 | 27.03 |
| PESO DEL SUELO SECO          | (g) | 21.25 | 17.30 | 20.23 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD         | (%) | 26.3  | 24.5  | 22.6  |
| NUMERO DE GOLPES             |     | 15    | 23    | 32    |

| LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS |     |       |       |  |
|---|-----|-------|-------|--|
| N° TARRO  |     | 13    | 10    |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO                       | (g) | 40.02 | 38.78 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO                         | (g) | 35.82 | 34.71 |  |
| PESO DE AGUA                                    | (g) | 4.20  | 4.06  |  |
| PESO DEL TARRO                                  | (g) | 15.31 | 15.09 |  |
| PESO DEL SUELO SECO                             | (g) | 20.5  | 19.6  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD                         | (%) | 20.5  | 20.6  |  |

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**


| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |       |
|----------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO                   | 29.53 |
| LIMITE PLASTICO                  | 22.39 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 7.14  |

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. P. A. SANCHEZ CRUZ VILLO  
 N° 14 561671-0000000

Ing. Juan Carlos Paredes Arango  
 C.C.Q. N° 14 561671-0000000



**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E 110, E 111 2000/ AASHTO T-89, T-90/ ASTM D-4318)

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTA EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-3 **N-8570578** **REALIZADO POR** : C.C.G.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS |     |       |       |       |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| N° TARRO                     |     | 16    | 7     | 24    |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO    | (g) | 50.08 | 49.78 | 51.83 |
| PESO TARRO + SUELO SECO      | (g) | 44.40 | 45.52 | 47.26 |
| PESO DE AGUA                 | (g) | 5.59  | 4.24  | 4.57  |
| PESO DEL TARRO               | (g) | 23.24 | 28.22 | 27.03 |
| PESO DEL SUELO SECO          | (g) | 21.25 | 17.30 | 20.23 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD         | (%) | 26.3  | 24.5  | 22.6  |
| NUMERO DE GOLPES             |     | 15    | 23    | 32    |

| LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE PLÁSTICO DE LOS SUELOS |     |       |       |  |
|---|-----|-------|-------|--|
| N° TARRO  |     | 13    | 10    |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO                       | (g) | 40.02 | 35.76 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO                         | (g) | 35.82 | 34.71 |  |
| PESO DE AGUA                                    | (g) | 4.20  | 4.05  |  |
| PESO DEL TARRO                                  | (g) | 15.31 | 15.09 |  |
| PESO DEL SUELO SECO                             | (g) | 20.5  | 19.6  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD                         | (%) | 20.5  | 20.6  |  |

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**


| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |       |
|----------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO                   | 20.03 |
| LIMITE PLASTICO                  | 12.64 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 7.39  |

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E 110, E 111 2000/ AASHTO T-89, T-90/ ASTM D-4318)

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-2 **N-9570578** **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS |     |       |       |       |  |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|--|
| N° TARRO                     |     | 16    | 7     | 24    |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO    | (g) | 50.08 | 49.76 | 51.83 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO      | (g) | 44.49 | 45.52 | 47.26 |  |
| PESO DE AGUA                 | (g) | 5.59  | 4.24  | 4.57  |  |
| PESO DEL TARRO               | (g) | 23.24 | 26.22 | 27.03 |  |
| PESO DEL SUELO SECO          | (g) | 21.25 | 17.90 | 20.23 |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD         | (%) | 26.3  | 24.5  | 22.6  |  |
| NUMERO DE GOLPES             |     | 15    | 23    | 32    |  |

| LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS |     |       |       |  |  |
|---|-----|-------|-------|--|--|
| N° TARRO  |     | 13    | 10    |  |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO                       | (g) | 40.02 | 38.76 |  |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO                         | (g) | 35.82 | 34.71 |  |  |
| PESO DE AGUA                                    | (g) | 4.20  | 4.05  |  |  |
| PESO DEL TARRO                                  | (g) | 15.31 | 15.09 |  |  |
| PESO DEL SUELO SECO                             | (g) | 20.5  | 19.6  |  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD                         | (%) | 20.5  | 20.6  |  |  |

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**


| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |       |
|----------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO                   | 20.05 |
| LIMITE PLASTICO                  | 17.62 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 7.43  |

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E 110, E 111 2000/ AASHTO T-89, T-90/ ASTM D-4318)

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N-8670578** **REALIZADO POR** : C.C.O.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS |     |       |       |       |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| N° TARRO                     |     | 16    | 7     | 24    |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO    | (g) | 60.06 | 49.76 | 51.83 |
| PESO TARRO + SUELO SECO      | (g) | 44.49 | 45.52 | 47.26 |
| PESO DE AGUA                 | (g) | 5.59  | 4.24  | 4.57  |
| PESO DEL TARRO               | (g) | 23.24 | 28.22 | 27.03 |
| PESO DEL SUELO SECO          | (g) | 21.25 | 17.30 | 20.23 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD         | (%) | 26.3  | 24.5  | 22.6  |
| NUMERO DE GOLPES             |     | 15    | 23    | 32    |

| LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS |     |       |       |  |
|---|-----|-------|-------|--|
| N° TARRO  |     | 13    | 10    |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO                       | (g) | 40.02 | 38.78 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO                         | (g) | 35.82 | 34.71 |  |
| PESO DE AGUA                                    | (g) | 4.20  | 4.05  |  |
| PESO DEL TARRO                                  | (g) | 15.31 | 15.09 |  |
| PESO DEL SUELO SECO                             | (g) | 20.5  | 19.6  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD                         | (%) | 20.5  | 20.6  |  |

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**


| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |       |
|----------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO                   | 19.99 |
| LIMITE PLASTICO                  | 12.80 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 7.39  |



**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E 110, E 111 2000/ AASHTO T-89, T-90/ ASTM D-4318)

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-2 **N-8670578** **REALIZADO POR** : C.C.G.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS |     |       |       |       |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| N° TARRO                     |     | 16    | 7     | 24    |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO    | (g) | 50.08 | 49.76 | 51.83 |
| PESO TARRO + SUELO SECO      | (g) | 44.49 | 45.52 | 47.28 |
| PESO DE AGUA                 | (g) | 5.59  | 4.24  | 4.57  |
| PESO DEL TARRO               | (g) | 23.24 | 28.22 | 27.03 |
| PESO DEL SUELO SECO          | (g) | 21.25 | 17.30 | 20.23 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD         | (%) | 26.3  | 24.5  | 22.6  |
| NUMERO DE GOLPES             |     | 15    | 23    | 32    |

| LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS |     |       |       |  |
|---|-----|-------|-------|--|
| N° TARRO  |     | 13    | 10    |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO                       | (g) | 40.02 | 38.76 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO                         | (g) | 35.82 | 34.71 |  |
| PESO DE AGUA                                    | (g) | 4.20  | 4.05  |  |
| PESO DEL TARRO                                  | (g) | 15.31 | 15.09 |  |
| PESO DEL SUELO SECO                             | (g) | 20.5  | 19.6  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD                         | (%) | 20.5  | 20.6  |  |

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**


| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |       |
|----------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO                   | 25.29 |
| LIMITE PLASTICO                  | 17.53 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 7.76  |

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
 (MTC E 110, E 111 2000/ AASHTO T-89, T-90/ ASTM D-4318)

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia: Huancayo, departamento: Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E:207509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N**:8870578 **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 1 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS |     |       |       |       |  |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|--|
| N° TARRO                     |     | 16    | 7     | 24    |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO    | (g) | 50.06 | 49.76 | 51.83 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO      | (g) | 44.49 | 45.52 | 47.26 |  |
| PESO DE AGUA                 | (g) | 5.59  | 4.24  | 4.57  |  |
| PESO DEL TARRO               | (g) | 23.24 | 28.22 | 27.03 |  |
| PESO DEL SUELO SECO          | (g) | 21.25 | 17.30 | 20.23 |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD         | (%) | 26.3  | 24.5  | 22.6  |  |
| NUMERO DE GOLPES             |     | 15    | 23    | 32    |  |

| LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS |     |       |       |  |  |
|---|-----|-------|-------|--|--|
| N° TARRO  |     | 13    | 10    |  |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO                       | (g) | 40.02 | 38.76 |  |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO                         | (g) | 35.82 | 34.71 |  |  |
| PESO DE AGUA                                    | (g) | 4.20  | 4.05  |  |  |
| PESO DEL TARRO                                  | (g) | 15.31 | 15.09 |  |  |
| PESO DEL SUELO SECO                             | (g) | 20.5  | 19.6  |  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD                         | (%) | 20.5  | 20.6  |  |  |



| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |       |
|----------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO                   | 25.31 |
| LIMITE PLASTICO                  | 17.05 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 7.05  |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 ALBERTO  
 PASCAL AGUIRRE GONZALEZ  
 INGENIERO DE PAVIMENTOS


 JOSÉ WALTER PASTOR ALVAREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**(MTC E 110, E 111 2000/ AASHTO T-89, T-90/ ASTM D-4318)**

**PROYECTO** : REEVALUACION DE LA CARACTERIZACION DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BOMBAEO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACION** : Distrito Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACION** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E:287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-3 **N**:8670678 **REALIZADO POR** : C.C.O.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

| LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS |     |       |       |       |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| N° TARRO                     |     | 16    | 7     | 24    |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO    | (g) | 50.08 | 49.76 | 51.83 |
| PESO TARRO + SUELO SECO      | (g) | 44.49 | 45.52 | 47.25 |
| PESO DE AGUA                 | (g) | 5.59  | 4.24  | 4.57  |
| PESO DEL TARRO               | (g) | 23.24 | 26.22 | 27.03 |
| PESO DEL SUELO SECO          | (g) | 21.25 | 17.30 | 20.23 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD         | (%) | 26.3  | 24.5  | 22.6  |
| NUMERO DE GOLPES             |     | 15    | 23    | 32    |

| LIMITE PLASTICO E INDICE PLASTICO DE LOS SUELOS |     |       |       |  |
|---|-----|-------|-------|--|
| N° TARRO  |     | 13    | 10    |  |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO                       | (g) | 40.02 | 36.76 |  |
| PESO TARRO + SUELO SECO                         | (g) | 35.82 | 34.71 |  |
| PESO DE AGUA                                    | (g) | 4.20  | 4.05  |  |
| PESO DEL TARRO                                  | (g) | 15.31 | 15.09 |  |
| PESO DEL SUELO SECO                             | (g) | 20.5  | 19.6  |  |
| CONTENIDO DE DE HUMEDAD                         | (%) | 20.5  | 20.6  |  |

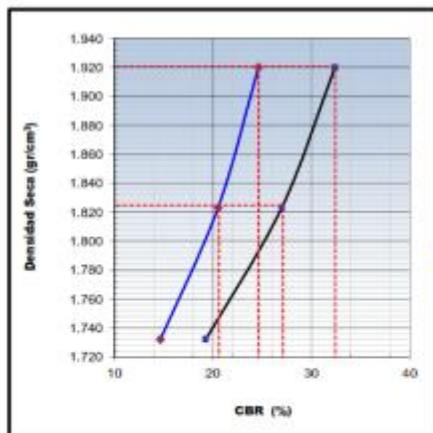
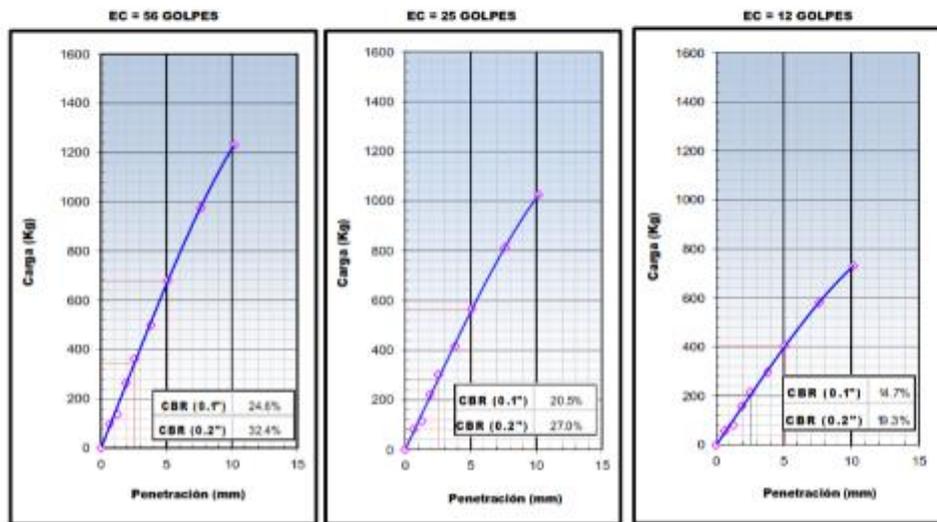
**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**


| CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA |       |
|----------------------------------|-------|
| LIMITE LIQUIDO                   | 29.56 |
| LIMITE PLASTICO                  | 22.37 |
| INDICE DE PLASTICIDAD            | 7.20  |

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R. DE SUELOS EN LABORATORIO)**

ASTM D-1883/ MTC E132 2013

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junin  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-2 **N-8670578** **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

**GRAFICO DE PENETRACIÓN DE CBR**


**MÉTODO DE COMPACTACIÓN** : C  
**MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)** : 1.921  
**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 9.6  
**95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)** : 1.825

|                                     |            |            |
|-------------------------------------|------------|------------|
| <b>C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)</b> | 0.1": 24.7 | 0.2": 32.4 |
| <b>C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)</b>  | 0.1": 20.6 | 0.2": 27.1 |

**RESULTADOS:**

|  |        |           |
|--|--------|-----------|
| <b>C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)</b> | 0.1" = | 34.15 (%) |
| <b>C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)</b>  | 0.1" = | 19.57 (%) |

**OBSERVACIONES:**

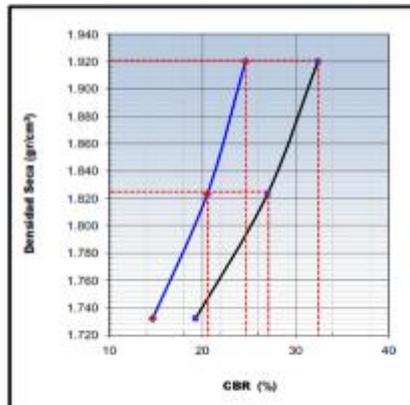
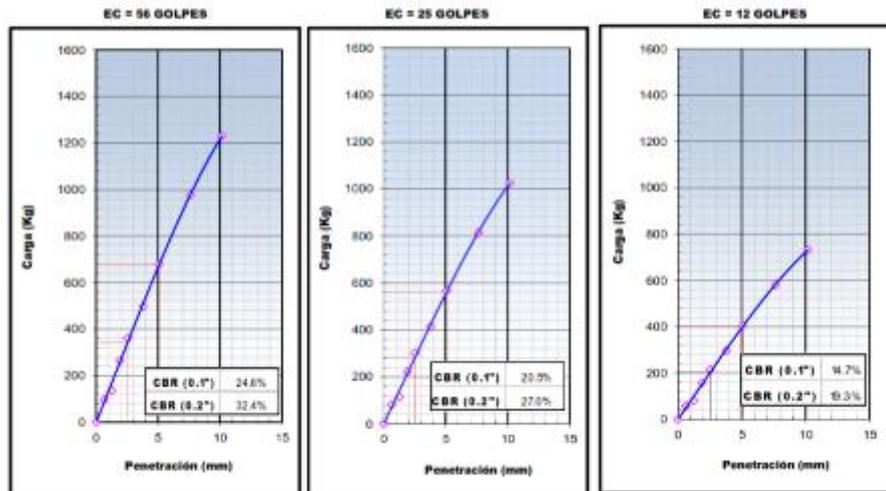
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Ing. Carlos Cruz Velazco  
 1000  
 1000

Justo Wando Paredes Arellano  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COLAB. INGENIEROS N° 1000

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R. DE SUELOS EN LABORATORIO)**

ASTM D-1883/ MTC E132 2013

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509  
**MUESTRA N°** : M-1 **N**: 8670578 **FECHA** : Ago-17  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**APROBADO POR** : P.A.C.

**GRAFICO DE PENETRACIÓN DE CBR**


**MÉTODO DE COMPACTACIÓN** : C  
**MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.921  
**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 9.6  
**95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.825

|                                     |            |            |
|-------------------------------------|------------|------------|
| <b>C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)</b> | 0.1": 24.7 | 0.2": 32.4 |
| <b>C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)</b>  | 0.1": 20.6 | 0.2": 27.1 |

**RESULTADOS:**

|  |        |          |
|--|--------|----------|
| <b>C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)</b> | 0.1" = | 22.14(%) |
| <b>C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)</b>  | 0.1" = | 15.23(%) |

**OBSERVACIONES:**

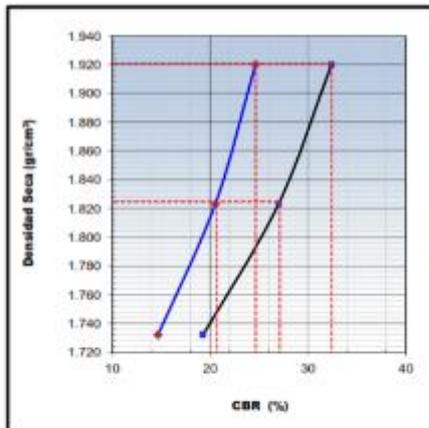
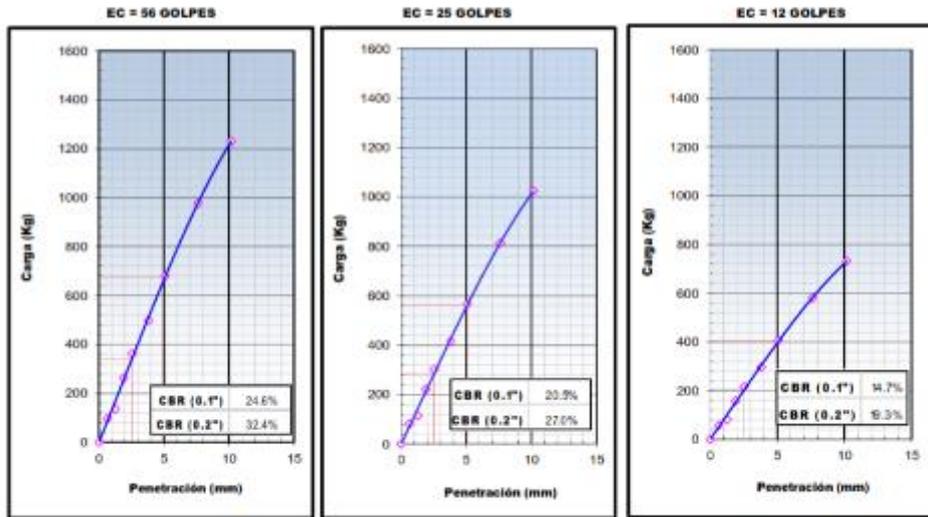
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 ALBERTO  
 FERRER L. ALBERTO CIVIL TITULO  
 INGENIERO EN GEOTECNIA

  
 ING. WALTER JAVIER BARRAL  
 INGENIERO EN GEOTECNIA  
 RES. CALLES HUANCAYO N° 1000

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R. DE SUELOS EN LABORATORIO)**

ASTM D-1883/ MTC E132 2013

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C-1 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-3 **N** : 8670578 **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

**GRAFICO DE PENETRACIÓN DE CBR**


**METODO DE COMPACTACIÓN** : C  
**MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.921  
**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 9.6  
**95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.825

|                                     |            |            |
|-------------------------------------|------------|------------|
| <b>C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)</b> | 0.1": 24.7 | 0.2": 32.4 |
| <b>C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)</b>  | 0.1": 20.6 | 0.2": 27.1 |

**RESULTADOS:**

|  |        |           |
|--|--------|-----------|
| <b>C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)</b> | 0.1" = | 32.58 (%) |
| <b>C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)</b>  | 0.1" = | 17.13 (%) |

**OBSERVACIONES:**


---



---

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Pisco, Z. Antonio Cruz Viteri  
 No. 401017700000

  
 José Wladimir Pizarro Arroyo  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. Nº 10000000000000000000

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junin  
**IDENTIFICACIÓN**: C- 2 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N**: 8670578 **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

**TEORÍA DE CAPACIDAD PORTANTE  
(FAO. TERZAGHI)**

**CALICATA :** C-1  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Angulo de fricción interna                  | 25.90 grados             |
| Cohesión                                    | 0.055 kg/cm <sup>2</sup> |
| Peso unitario de sobrecarga                 | 1.68 gr/cm <sup>3</sup>  |
| Peso unitario del suelo de cimentación      | 1.68 gr/cm <sup>3</sup>  |
| Relación Ancho/Largo (B/L)                  | 1 Forma:                 |
| Ancho de la base o diámetro de cimentación  | 1 m                      |
| Profundidad de fondeo de cimentación        | 2.00 m                   |
| Profundidad de desplante                    | 2.00 m                   |
| Factor de seguridad                         | 3                        |
| Clasificación SUCS del suelo de cimentación | SC                       |

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc: 23.43  
 Nq: 12.80  
 Ny: 13.89

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc: 1.545  
 Sq: 1.5029  
 Sy: 0.6

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

| Desplante Df(m) | Cota Relativa | Ancho B(m) | FACTOR W | quit (kg/cm <sup>2</sup> ) | qadm (kg/cm <sup>2</sup> ) |      |
|-----------------|---------------|------------|----------|----------------------------|----------------------------|------|
| 1.00            | -1.00         | 0.5        | 1        | 3.05                       | 1.02                       |      |
| 1.00            | -1.00         | 1          | 1        | 3.40                       | 1.13                       |      |
| 1.00            | -1.00         | 1.2        | 1        | 3.54                       | 1.18                       |      |
| 1.00            | -1.00         | 1.5        | 1        | 3.75                       | 1.25                       |      |
| 1.50            | -1.50         | 0.5        | 1        | 3.61                       | 1.20                       |      |
| 1.50            | -1.50         | 1          | 1        | 3.96                       | 1.32                       |      |
| 1.50            | -1.50         | 1.2        | 1        | 4.10                       | 1.37                       |      |
| 1.50            | -1.50         | 1.5        | 1        | 4.31                       | 1.44                       |      |
| 1.70            | N.F           | -1.70      | 0.5      | 1                          | 2.48                       | 0.83 |
| 1.70            | N.F           | -1.70      | 1        | 1                          | 2.63                       | 0.88 |
| 1.70            | N.F           | -1.70      | 1.2      | 1                          | 2.68                       | 0.89 |
| 1.70            | N.F           | -1.70      | 1.5      | 1                          | 2.77                       | 0.92 |
| 2.10            | N.F           | -2.10      | 0.5      | 1                          | 2.67                       | 0.89 |
| 2.10            | N.F           | -2.10      | 1        | 1                          | 2.81                       | 0.94 |
| 2.10            | N.F           | -2.10      | 1.2      | 1                          | 2.87                       | 0.96 |
| 2.10            | N.F           | -2.10      | 1.5      | 1                          | 2.95                       | 0.98 |

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.70 kg/cm<sup>2</sup> y 1.32 kg/cm<sup>2</sup> valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
 (MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junín  
**IDENTIFICACIÓN** : C- 2 **COORDENADAS UTM** : E-287509 **FECHA** : Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N-8670578** **REALIZADO POR** : C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL** : Granular **APROBADO POR** : P.A.C.

**TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
 (FAUL TERZAGHI)**

**CALICATA :** C-2  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna 26.70 grados  
 Cohesión 0.115 kg/cm<sup>2</sup>  
 Peso unitario de sobrecarga 1.68 gr/cm<sup>3</sup>  
 Peso unitario del suelo de cimentación 1.68 gr/cm<sup>3</sup>  
 Relación Ancho/Largo (B/L) 1 Format  
 Ancho de la base o diámetro de cimentación 1 m  
 Profundidad de fondo de cimentación 2.00 m  
 Profundidad de desplante 2.00 m  
 Factor de seguridad 3  
 Clasificación SUCS del suelo de cimentación SC

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc: 23.43  
 Nq: 12.80  
 Ny: 13.89

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc: 1.545  
 Sq: 1.5029  
 Sy: 0.6

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

| Desplante D(m) | Cota Relativa | Ancho B(m) | FACTOR W | W | quit (kg/cm <sup>2</sup> ) | qadm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|------------|----------|---|----------------------------|----------------------------|
| 1.00           | -1.00         | 0.5        | 1        |   | 3.05                       | 1.02                       |
| 1.00           | -1.00         | 1          | 1        |   | 3.40                       | 1.13                       |
| 1.00           | -1.00         | 1.2        | 1        |   | 3.54                       | 1.18                       |
| 1.00           | -1.00         | 1.5        | 1        |   | 3.75                       | 1.25                       |
| 1.50           | -1.50         | 0.5        | 1        |   | 3.81                       | 1.20                       |
| 1.50           | -1.50         | 1          | 1        |   | 3.96                       | 1.32                       |
| 1.50           | -1.50         | 1.2        | 1        |   | 4.10                       | 1.37                       |
| 1.50           | -1.50         | 1.5        | 1        |   | 4.31                       | 1.44                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 0.5      | 1 | 2.48                       | 0.83                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 1        | 1 | 2.63                       | 0.88                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 1.2      | 1 | 2.68                       | 0.89                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 1.5      | 1 | 2.77                       | 0.92                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 0.5      | 1 | 2.67                       | 0.89                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 1        | 1 | 2.81                       | 0.94                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 1.2      | 1 | 2.87                       | 0.96                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 1.5      | 1 | 2.95                       | 0.98                       |

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.70 kg/cm<sup>2</sup> y 1.32 kg/cm<sup>2</sup> valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(MTC E 108/ ASTM D-2216-92)**

**PROYECTO** : RELACION DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO  
**UBICACIÓN** : Distrito: Pilcomayo, Provincia Huancayo, departamento Junin  
**IDENTIFICACIÓN:** C-3 **COORDENADAS UTM:** E-287509 **FECHA:** Ago-17  
**MUESTRA N°** : M-1 **N-8670578** **REALIZADO POR:** C.C.Q.  
**PROF. (m)** : 0.00-0.15 **MATERIAL:** Granular **APROBADO POR:** P.A.C.

 TEORÍA DE CAPACIDAD PORTANTE  
 (FAUL TERZAGHI)

**CALICATA:** C-3  
**MUESTRA:** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Angulo de fricción interna                  | 26.40 grados             |
| Cohesión                                    | 0.098 kg/cm <sup>2</sup> |
| Peso unitario de sobrecarga                 | 1.68 gr/cm <sup>3</sup>  |
| Peso unitario del suelo de cimentación      | 1.68 gr/cm <sup>3</sup>  |
| Relación Ancho/Largo (B/L)                  | 1 Forma:                 |
| Ancho de la base o diámetro de cimentación  | 1 m                      |
| Profundidad de fondo de cimentación         | 2.00 m                   |
| Profundidad de desplante                    | 2.00 m                   |
| Factor de seguridad                         | 3                        |
| Clasificación SUCS del suelo de cimentación | SC                       |

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc: 23.43  
 Nq: 12.80  
 Ny: 13.89

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc: 1.545  
 Sq: 1.5029  
 Sy: 0.6

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

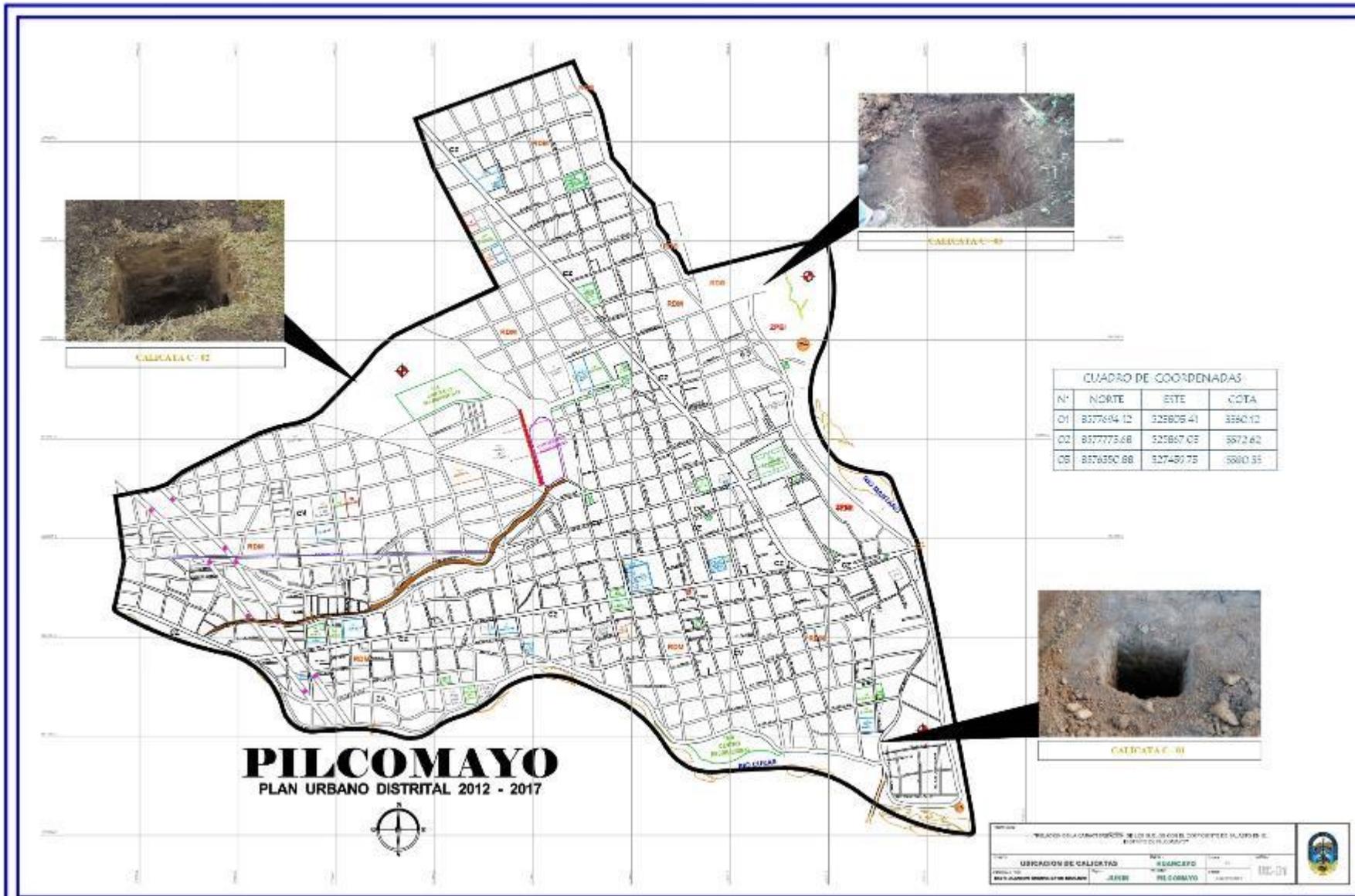
| Desplante D(m) | Cota Relativa | Ancho B(m) | FACTOR W | W | quit (kg/cm <sup>2</sup> ) | qadm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|------------|----------|---|----------------------------|----------------------------|
| 1.00           | -1.00         | 0.5        | 1        | 1 | 3.05                       | 1.02                       |
| 1.00           | -1.00         | 1          | 1        | 1 | 3.40                       | 1.13                       |
| 1.00           | -1.00         | 1.2        | 1        | 1 | 3.54                       | 1.18                       |
| 1.00           | -1.00         | 1.5        | 1        | 1 | 3.75                       | 1.25                       |
| 1.50           | -1.50         | 0.5        | 1        | 1 | 3.61                       | 1.20                       |
| 1.50           | -1.50         | 1          | 1        | 1 | 3.96                       | 1.32                       |
| 1.50           | -1.50         | 1.2        | 1        | 1 | 4.10                       | 1.37                       |
| 1.50           | -1.50         | 1.5        | 1        | 1 | 4.31                       | 1.44                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 0.5      | 1 | 2.48                       | 0.83                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 1        | 1 | 2.63                       | 0.88                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 1.2      | 1 | 2.68                       | 0.89                       |
| 1.70           | N.F           | -1.70      | 1.5      | 1 | 2.77                       | 0.92                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 0.5      | 1 | 2.67                       | 0.89                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 1        | 1 | 2.81                       | 0.94                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 1.2      | 1 | 2.87                       | 0.96                       |
| 2.10           | N.F           | -2.10      | 1.5      | 1 | 2.95                       | 0.98                       |

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.70 kg/cm<sup>2</sup> y 1.32 kg/cm<sup>2</sup> valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

LABORATORIO DE MECANICA DE  
 SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Pisco C. Rojas Cruz Tello  
 No. de SUCS: 11888888


 INSTITUTO TECNOLÓGICO  
 DE LA UNIÓN DE PATRIOTAS  
 DE LA UNIÓN DE PATRIOTAS

# PLANOS



# **PANEL FOTOGRÁFICO**

**PANEL FOTOGRAFICO**

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br>"RELACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO" |  |
| BACH:   | David Eduardo Alarcon Guerra   | Agosto 2020   |

**REGISTRO FOTOGRAFICO**

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 01   | Foto N°: 02  |
| Observaciones: Particulares:<br>Toma de Muestras Calicata 01                      | Observaciones: Particulares:<br>Toma de Muestras Calicata 03                       |

**REGISTRO FOTOGRAFICO**

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 03   | Foto N°: 04  |
| Observaciones: Particulares:<br>En el nivel Inicial se encontró suelo Orgánico      | Observaciones: Particulares:<br>Tercer estrato Altura de 0.70m.                      |

**REGISTRO FOTOGRAFICO**

|   |  |
|---|--|
|                              |                |
| Foto N°: 05   | Foto N°: 06  |
| Observaciones: Particulares:<br>Se realiza el respectivo cuarteo de la muestra para su traslado al laboratorio. | Observaciones: Particulares:<br>Almacenamiento en baldes para su traslado al Laboratorio de Suelos |

## PANEL FOTOGRAFICO

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br>"RELACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE<br>BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO" |  |
| BACH:   | David Eduardo Alarcon Guerra  | Agosto 2020   |

### REGISTRO FOTOGRAFICO

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 07   | Foto N°: 08  |
| Observaciones: Particulares:<br>Toma de parámetros de la calicata 02              | Observaciones: Particulares:<br>Preparación en el Laboratorio de las muestras      |

### REGISTRO FOTOGRAFICO

|  |  |
|--|--|
|  |  |
| Foto N°: 09  | Foto N°: 10  |
| Observaciones: Particulares:<br>En el nivel Inicial se encontró suelo Orgánico     | Observaciones: Particulares:<br>Tercer estrato Altura de 0.70m.                      |

### REGISTRO FOTOGRAFICO

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 11   | Foto N°: 12  |
| Observaciones: Particulares:<br>Pesado de la muestras                               | Observaciones: Particulares:<br>Muestra para ensayo CBR                              |

**PANEL FOTOGRAFICO**

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br>"RELACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO" |  |
| BACH:   | David Eduardo Alarcon Guerra   | Agosto 2020   |

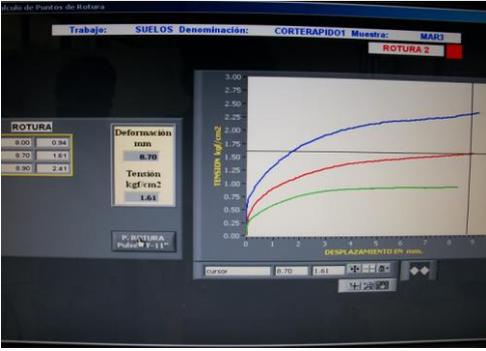
**REGISTRO FOTOGRAFICO**

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 13   | Foto N°: 14  |
| Observaciones: Particulares:<br>Muestras 02 Ensayo CBR                            | Observaciones: Particulares:<br>Muestras 03 para ensayo CBR                        |

**REGISTRO FOTOGRAFICO**

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 15   | Foto N°: 16  |
| Observaciones: Particulares:<br>Colocación de la muestra en la caja de corte.       | Observaciones: Particulares:<br>Muestra enrasada en la caja de corte.                |

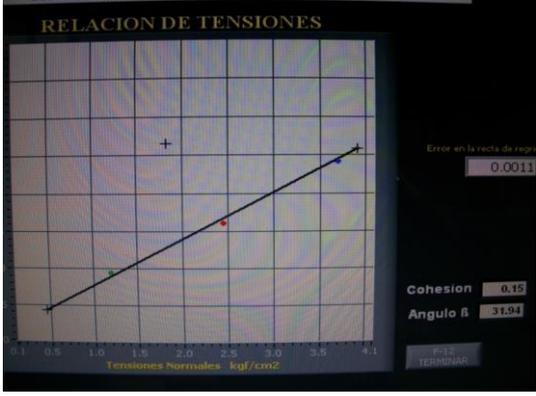
**REGISTRO FOTOGRAFICO**

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 17   | Foto N°: 18  |
| Observaciones: Particulares:<br>Ensayo de Corte directo                             | Observaciones: Particulares:<br>Graficas de tensión - Desplazamiento                 |

## PANEL FOTOGRAFICO

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br>"RELACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS CON EL COEFICIENTE DE BALASTO EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO" |  |
| BACH:   | David Eduardo Alarcon Guerra   | Agosto 2020   |

### REGISTRO FOTOGRAFICO

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| Foto N°: 19   | Foto N°: 20  |
| Observaciones: Particulares:<br>Toma de datos de cohesión y ángulo de rozamiento. | Observaciones: Particulares:<br>Secado de la muestra para sacar su humedad final.  |