



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES  
MECANICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION  
DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA  
COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN  
ROMAN, PUNO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ**

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



**JULIACA - PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, quien en su bondad me dio las fuerzas, ánimo y paciencia para su culminación, a mi querida hija Atenas Gonzales Tito y a mi madre Gladys Ortiz Portugal que con su carácter es un ejemplo y reto de perseverancia y a la memoria de mi querido padre Eulogio Gonzales Gonzales que siempre me acompaña.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Esta Tesis no habría podido llevarse a término sin la ayuda y colaboración de numerosas personas. Quiero hacer extensiva mi gratitud a los profesores y compañeros de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas, finalmente, quiero dar las gracias a las personas que más quiero, mi hija, mis padres, mis hermanos, y toda mi familia y amigos, por su paciencia y apoyo constante durante todo este tiempo.*

**Jimmy Eloy Gonzales Ortiz**

## RESUMEN

El presente estudio de investigación se realizó en la carretera Juliaca - Mañazo, ubicado en la Provincia de San Román, el estudio fue realizado en el año 2017, así mismo es necesario conocer el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo. El objetivo de esta investigación fue determinar el proctor modificado, la humedad óptima, así como el CBR (California Bearing Ratio), del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado) en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017., la cual tiene una longitud 22.097 Km. La metodología efectuada en este estudio fue realizada con los diferentes ensayos de laboratorio tomando en consideración la norma ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180 ensayo de proctor modificado y el CBR de acuerdo a la norma ASTM D1557-91. Con dichos ensayos nos permiten conocer la humedad óptima y la capacidad de carga del suelo. Los resultados revelan que los ensayos de laboratorio del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado) son: proctor modificado método "C", la humedad óptima es 10.96 %, y la máxima densidad seca es de 2.150 gr/cm<sup>3</sup>; y el CBR (California Bearing Ratio) fue al 100 de Máxima Densidad Seca (%) en 13.2.

Palabras clave: (CBR) California Bearing Ratio, Humedad Óptima, Ladrillo Mecanizado, Limite Líquido, Limite Plástico y Proctor Modificado.

## ABSTRACT

The present research study was carried out on the Juliaca - Mañazo road, located in the Province of San Román, the study was conducted in 2017, likewise it is necessary to know the behavior of the mechanical properties of the soil. The objective of this investigation was to determine the modified proctor, the optimum humidity, as well as the CBR (California Bearing Ratio), of the soil with the incorporation of the rubbings of crushed cooked clay brick (mechanized brick) in the road Juliaca - Mañazo, belonging to the Province of San Román - Puno 2017., which has a length of 22.097 Km. The methodology carried out in this study was carried out with the different laboratory tests taking into consideration the ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180 modified proctor test and CBR according to ASTM D1557-91. With these tests they allow us to know the optimum humidity and the load capacity of the soil. The results reveal that the laboratory tests of the soil with the incorporation of the rubble of cooked clay brick (mechanized brick) are: proctor modified method "C", the optimal humidity is 10.96%, and the maximum dry density is 2.150 gr / cm<sup>3</sup>; and the CBR (California Bearing Ratio) was at 100 Maximum Dry Density (%) at 13.2.

Keywords: (CBR) California Bearing Ratio, Optimum Moisture, Machined Brick, Liquid Limit, Plastic Limit and Modified Proctor.

## ÍNDICE

INTRODUCCION .....	12
<b>CAPITULO I : PLANTEAMIENTO METODOLOGICO .....</b>	<b>14</b>
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION .....	15
1.2.1. Delimitacion Espacial .....	15
1.2.2. Delimitacion Temporal .....	15
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION.....	16
1.3.1. Problema General .....	16
1.3.2. Problemas Específicos .....	16
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos .....	17
1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION...	18
1.5.1. Hipótesis General .....	18
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	18
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6.1. Variable Independiente.....	19
1.6.2. Variables Dependientes .....	19
1.6.3. Operacionalizacion de Variables .....	20
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	20
1.7.1. Tipo de Investigacion.....	20
1.7.2. Nivel de Investigacion.....	21
1.7.3. Metodos de Investigacion .....	21
1.7.4. Diseño de Investigacion.....	21
1.8. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
1.8.1. Poblacion.....	22
1.8.2. Muestra .....	22
1.9. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	23
1.9.1. Tecnicas .....	23
1.9.2. Instrumentos.....	23
1.9.3. Procesamiento y analisis de Datos .....	23

---

1.10. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION	24
1.10.1. Justificacion .....	24
1.10.2. Importancia .....	24
<b>CAPITULO II : MARCO TEORICO .....</b>	<b>25</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....	25
2.2. BASES TEORICAS .....	28
2.2.1. Nociones mecanicas de suelos .....	28
2.2.2. Capacidad de carga .....	30
2.2.3. Analisis granulometrico de suelos por tamizado .....	30
2.2.4. Determinacion del limite plastico de suelos.....	30
2.2.5. Determinacion del limite liquido de suelos .....	31
2.2.6. Ensayo proctor modificado.....	31
2.2.7. Ensayo (CBR) california bearing ratio .....	32
2.2.8. Ladrillo de arcilla .....	32
2.2.9. Caracteristicas de ladrillos .....	32
2.2.10. Propiedades ingenieriles .....	33
2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS .....	36
<b>CAPITULO III : PRESENTACION DE RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
3.1. LOCALIZACION GEOGRAFICA.....	38
3.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTUDIO.....	39
3.3. CONFIABILIDAD Y VALIDACION DEL INSTRUMENTO.....	41
3.4. ANALISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES .....	41
3.5. TOMA DE NUESTRA.....	41
a) Calicatas .....	41
b) Secado de la Muestra .....	42
c) Contenido de Humedad del Suelo.....	42
d) Granulometria .....	43
e) Limites de Consistencia .....	43
f) Limite Liquido .....	43
g) Limite Plastico .....	44
h) Indice de Plasticidad .....	44
i) Clasificacion del Suelo .....	44
3.6. ANALISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DEL SUELO CON LA	

---

---

INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA (LADRILLO MECANIZADO) 45	
3.6.1. Resultados de la humedad optima del suelo con la incorporacion de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado) .....	45
3.6.2. Resultados del ensayo proctor modificado ASTM D-698 D- 1557 AASHTO T-99 T-180 del suelo con la incorporacion de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).....	48
3.6.3. Resultados del ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporacion de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).....	50
3.7. PRUEBAS DE NORMALIDAD .....	55
<b>CAPITULO IV : PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS.....</b>	<b>56</b>
4.1. PRUEBA DE HIPOTESIS GENERAL .....	56
4.2. PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECÍFICA .....	57
<b>CAPITULO V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
CONCLUSIONES .....	60
RECOMENDACIONES .....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62
Anexo 1 Registro Fotografico.....	64
Anexo 2 Ensayo de Laboratorio.....	77
Anexo 3 Tablas y Clasificacion de Suelos .....	87
Anexo 4 Matriz de Consistecia.....	90



## Lista de Tablas

Tabla I.1.Operacionalización de Variables.

Tabla III.1.Ubicación de Coordenadas Geográficas.

Tabla III.2.Contenido de Humedad del Suelo ASTM-D-2216-MTC-E 108.

Tabla III.3.Límites de consistencia del suelo

Tabla III.4.Humedad optima del suelo.

Tabla III.5.Proctor modificado del suelo ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180.

Tabla III.6.CBR (California Bearing Ratio) del suelo.

Tabla V.1.Comparacion de Resultados.

## **Lista de Figuras**

- Figura II.1.Ladrillo mecanizado diamante.
- Figura II.2.Rotura de Ladrillo mecanizado diamante.
- Figura II.3.Características técnicas del ladrillo mecanizado.
- Figura III.1.Mapa de Localización Geográfica.
- Figura III.2.Zona de Ubicación de la muestra.
- Figura III.3.Zona de Ubicación del estudio.
- Figura III.4.Relación Humedad – Densidad.
- Figura III.5.CBR a 12 golpes.
- Figura III.6.CBR a 25 golpes.
- Figura III.7.CBR a 56 golpes.

## **Lista de Ilustraciones**

- Ilustración 1. Calicata del suelo natural de la carretera Juliaca – Mañazo.
- Ilustración 2. Muestras del suelo natural carretera Juliaca – Mañazo.
- Ilustración 3. Tamizado de la muestra por tamices de la carretera Juliaca Mañazo.
- Ilustración 4. Zarandeo de la muestras por tamices de la carretera Juliaca Mañazo.
- Ilustración 5. Limite líquido de la carretera Juliaca – Mañazo.
- Ilustración 6. Muestra del límite plástico de la carretera Juliaca-Mañazo.
- Ilustración 7. Obtención límite plástico de la carretera Juliaca- Mañazo.
- Ilustración 8. Mezcla de suelo natural con desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).
- Ilustración 9. Mezcla de suelo natural con desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).
- Ilustración 10. Tamizado de suelo natural con desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).
- Ilustración 11. Muestra para proctor modificado de la carretera Juliaca-Mañazo.
- Ilustración 12. Peso muestra del proctor modificado de la carretera Juliaca-Mañazo.
- Ilustración 13. Muestra del proctor modificado de la carretera Juliaca-Mañazo.
- Ilustración 14. Muestra del proctor modificado de la carretera Juliaca-Mañazo.
- Ilustración 15. Muestras de CBR sumergido en agua de la carretera Juliaca-Mañazo.
- Ilustración 16. Muestras de CBR sumergido en agua de la carretera Juliaca-Mañazo.
- Ilustración 17. Muestras de CBR sumergido en agua de 12, 25 y 56 golpes de la carretera Juliaca- Mañazo.

Ilustración 18. Muestras para CBR sumergido en agua de 12, 25 y 56 golpes de la carretera Juliaca- Mañazo.

Ilustración 19. Muestras de CBR fuera del agua de la carretera Juliaca-Mañazo.

Ilustración 20. Muestras de CBR destapadas de 12, 25 y 56 golpes de la carretera Juliaca-Mañazo.

Ilustración 21. Equipo para ensayo CBR.

Ilustración 22. Muestra de 56 golpes Ensayo CBR de la carretera Juliaca-Mañazo.

Ilustración 23. Muestra luego de ensayo CBR de la carretera Juliaca-Mañazo.

Ilustración 24. Verificación de resultados de ensayo CBR de la carretera Juliaca-Mañazo

## INTRODUCCIÓN

La inestabilidad en suelos en carreteras es un problema que a menudo se presenta, por consiguiente se realizó el estudio de investigación del comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la incorporación de desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas del suelo y dar mayor estabilidad al suelo de la carretera Juliaca – Mañazo, la carretera tiene una longitud de 44.032 Km., pero sin embargo solo se toma como estudio una longitud de 22.097 Km., de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, la carretera es de afirmado de espesor 0.20 m, con un Índice Medio Diario (IMD) de 50 Vehículos diarios, promedio.

Durante el trabajo de investigación, se realizó calicatas, de acuerdo al reglamento de carreteras a una profundidad de 1.5 m. en un área de 1.5 m. x 1.5 m., por consiguiente se tomó muestra de la calicata en el 3.813 Km., en las coordenadas geográficas 15° 32' 13.848" latitud sur y 70° 08' 36.744" longitud oeste, a una altitud de 3830 m.s.n.m., por ser el más deficiente e inestable, de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

Luego de la toma de muestra, se realizaron los ensayos en un estado Inicial (natural) y posteriormente con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), para determinar las variaciones en las propiedades del suelo, a través de los ensayos de proctor modificado y el CBR (California Bearing Ratio).

Así mismo debemos de indicar que para determinar el porcentaje de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), se realizaron varias pruebas con diferentes porcentajes, la cantidad de muestra utilizada fue de 3.5 Kg, entonces los porcentajes fueron 70% terreno natural y 30% desperdicio de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado); 80% terreno natural y 20% desperdicio de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado); y por último 90% terreno natural y 10% desperdicio de ladrillo de

arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), finalmente los porcentajes que se ajustan y cumplen a las especificaciones de granulometría de los requerimientos de las normas son los porcentajes 80% terreno natural y 20% desperdicio de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).

## **CAPITULO I:**

### **PLANTEAMIENTO METODOLOGICO.**

#### **1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

En la Provincia de San Román, por su ubicación geográfica y constantes precipitaciones fluviales extremas, las vías de comunicación como carreteras se encuentran en mal estado, en especial en la carretera Juliaca - Mañazo, debido a las constantes lluvias que cae durante todo el año, deteriorando la carretera con baches, huecos, barro, etc., ya que esta carretera cumple una función vital en la articulación e integración territorial de la ciudad al posibilitar la interconexión y comunicación entre ellos, en lo cual debe de facilitar la reducción del tiempo y costo del transporte, tanto de las personas como de los productos.

Por consiguiente las constantes lluvias durante todo el año y los constantes estancamiento de agua en la carretera Juliaca - Mañazo deteriora de manera rápida la carretera, también podemos indicar que el agua es el principal problema que deteriora la carretera de asfaltado y afirmado, lo cual hace intransitable e inestable la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

## **1.2. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION.**

### **1.2.1. Delimitación Espacial.**

El presente trabajo investigación toma como zona de estudio la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román en una longitud de 22.097 Km.

### **1.2.2. Delimitación Temporal.**

El estudio de investigación se realizó a partir de mayo del 2017 hasta diciembre del 2017, tiempo que ha permitido desarrollar y mostrar los resultados de la investigación en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román de acuerdo a las pruebas de laboratorio.



### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.**

#### **1.3.1. Problema General.**

¿Cuál será el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017?.

#### **1.3.2. Problemas Específicos.**

- ¿Cuál será la humedad optima del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.
  
- ¿Cómo será el proctor modificado del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.
  
- ¿Cuánto será el CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Analizar el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Determinar la humedad optima del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.
- Determinar el proctor modificado del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.
- Determinar el CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

## **1.5. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.**

### **1.5.1. Hipótesis General.**

Las propiedades mecánicas del suelo mejora significativamente con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017.

### **1.5.2 Hipótesis Específico.**

- El porcentaje de la humedad óptima del suelo disminuye con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.
- El proctor modificado del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, es el método "C" debido a que el material utilizado las partículas pasaran el tamiz 19.0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulgadas).
- El CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, aumentara su máxima densidad seca en porcentajes.

## **1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.6.1. Variable Independiente.**

- Desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).

#### **Dimensiones:**

- 20% desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).

### **1.6.2 Variables Dependientes.**

- Propiedades mecánicas del suelo.

#### **Dimensiones:**

- Humedad Óptima.
- Limite Líquido.
- Limite Plástico.
- Índice de Plasticidad.
- Proctor Modificado.
- (CBR) California Bearing Ratio.

### 1.6.3. Operacionalización de variables.

**Tabla I.1.  
Operacionalización de Variables.**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).	Porcentaje de desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).	– 20% desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Propiedades mecánicas del suelo.	– Humedad Óptima – Limite líquido. – Limite plástico. – Índice de plasticidad.	– SUCS – AASHTO
	Proctor Modificado.	– Método A, B y C.
	(CBR) California Bearing Ratio.	– Máxima densidad seca en porcentajes al 100% del CBR.

F  
 Fuente: Elaboración propia.

### 1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

#### 1.7.1. Tipo de Investigación.

El presente estudio es de tipo experimental transversal, se determinara los datos a través de equipos de laboratorio con el propósito de estudio es de tipo básico o fundamental está orientado a evaluar mediante observación para evidenciar.

### **1.72. Nivel de Investigación.**

Asimismo, de acuerdo a las características y profundidad del suelo corresponde al nivel de investigación no experimental transversal, se pretende aplicar los resultados a situaciones reales donde se construyan futuras carreteras.

### **1.73. Métodos de Investigación.**

En la investigación se utilizara el método deductivo (se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones generales para explicaciones particulares).

### **1.74. Diseño de Investigación.**

La presente es una investigación de diseño no experimental, transversal implica la evaluación del suelo a través de observaciones directas.

#### **FASE 1. Fase preparatoria**

En esta fase se plantea el plan de trabajo, en el cual se definen los objetivos y la hipótesis de la investigación, así como también se determina los parámetros tomando en consideración las normas del reglamento nacional de carreteras.

#### **FASE 2. Procesamiento y análisis de la información**

En esta etapa se organiza e interpreta los certificados de los ensayos de laboratorio de las muestras y observación directa. Con las variables obtenidas se procede a la integración y búsqueda de los valores más representativos. Se emplea los siguientes medios de procesamiento y análisis.

- Microsoft office Excel (software que se usara para el procesamiento de cuadros y tablas).
- Microsoft office Word. (software que se usara para la edición de textos).

### **FASE 3. Recolección de la Información**

En esta etapa de la investigación se realiza una recopilación de información bibliográfica, de internet para adquirir los conocimientos relacionados, al objeto de investigación. Posteriormente se identifica la unidad de análisis, donde se toma las muestras de acuerdo a las normas técnicas peruanas, y se realizan observaciones directas. Para lograr la recolección de datos se utiliza los siguientes instrumentos:

- Trabajo de campo.
- Cuaderno de apuntes.
- Muestra de suelo
- Registro fotográfico.

## **1.8. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION.**

### **1.8.1. Población.**

El desarrollo del estudio, considera como población de estudio la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román con una longitud de 22.097 Km.

### **1.8.2 Muestra.**

La muestra está representada por la calicata tomada una profundidad de 1.5 m. en un área de 1.5 m. x 1.5 m, en el Km 3.813, en las coordenadas geográficas 15° 32' 13.848" latitud sur y 70° 08' 36.744" longitud oeste, a una altitud de 3830 m.s.n.m., por ser el más deficiente e inestable, de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, por lo que será sometido a ensayos de laboratorio.

## **1.9. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.**

### **1.9.1. Técnicas.**

- Toma de muestras de acuerdo a protocolos de NTP.
- Espécimen de ensayo.
- Ensayos de laboratorio.
- Mediciones.

### **1.9.2 Instrumentos.**

- Equipos de laboratorio (balanzas, Horno, recipientes).
- Utensilios para manipulación de recipientes.
- Instrumentos de medición para análisis granulométrico.
- Instrumentos de proctor modificado.
- Instrumentos y equipo para (CBR) California Bearing Ratio.

### **1.9.3. Procesamiento y Análisis de Datos.**

El procesamiento y análisis de datos de las muestras tomadas en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román se realizara el laboratorio GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. las cuales cumplen con los estándares de las normas técnicas peruanas certificadas por el (INACAL) Instituto Nacional de Calidad.



## **1.10. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION.**

### **1.10.1. Justificación.**

En vista que las carreteras cumplen una función vital en la articulación e integración territorial del país al posibilitar la interconexión y comunicación entre las ciudades, en lo cual facilitara la reducción del tiempo y costo del transporte, tanto de las personas como de los productos.

La evaluación del estudio consiste en el aprovechamiento de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), para mejorar estructuralmente los pavimentos de una vía, el cual a medida que aumenta se complementa con el diseño y la construcción de una vía y consecuentemente aumenta la necesidad de su mejoramiento y rehabilitación para ello se requiere buscar alternativas que mejoren las propiedades del suelo en carreteras.

### **1.10.2. Importancia.**

La importancia de la presente investigación radica que la infraestructura vial es un agente determinante en el desarrollo social, económico y cultural de las ciudades, es por eso que es importante considerar a nuestros vías como el principal activo económico que posee la región Puno y específicamente la provincia de San Román, en la actualidad el estado de las vías primarias y secundarias se encuentran por debajo de los niveles de competitividad requeridos por el medio.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO.

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

Existen diversos estudios respecto a la estabilización de suelos de carreteras, los trabajos de investigación que guardan relación al presente trabajo de investigación, son los siguientes:

**Tema** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE ADITIVOS (Eco Road 2000) PARA PAVIMENTACIÓN EN PALIAN – HUANCAYO - JUNIN.

**Autor** : SALCEDO ROJAS, KAITE KAREN. Y DE LA CRUZ GUTIERREZ, LIZETH MERCEDES.

**Institucion** : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES.

“El objetivo del estudio es evaluar la influencia del aditivo Eco Road 2000 en las propiedades de los suelos cohesivos en el anexo de Palian - Huancayo – Junín, así mismo determinar la influencia en el mejoramiento de la resistencia (C.B.R) de los suelos estabilizados con el aditivo y determinar las ventajas económicas en la aplicación del aditivo en los suelos cohesivos en el anexo Palian - Huancayo – Junín.” [1]

---

1. SALCEDO, K. *Estabilización de Suelos Cohesivos por medio de Aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en palian - Huancayo - Junín*. Perú: Universidad Nacional los Andes, 2016.

**Tema** : EFECTO DE LA CAL COMO ESTABILIZANTE DE UNA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO.

**Autor** : JARA ANYAYPOMA, ROBINSON.

**Institucion** : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.

“El objetivo del estudio es evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, así mismo el estudio evalúa el efecto de la cal en el límite líquido y límite plástico, del suelo arcilloso, densidad seca máxima del suelo arcilloso y el valor relativo de soporte (CBR) del suelo arcilloso.” [2]

**Tema** : APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE SUELOS ARCILLOSOS ESTABILIZADOS CON CAL Y CEMENTO

**Autor** : VELARDE DEL CASTILLO, ABEL DARWIN.

**Institucion** : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.

“El objetivo del estudio es determinar la máxima resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento aplicando la metodología de superficie de respuesta.” [3]

2. JARA, R. *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.
3. VELARDE, A. *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento*. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

**Tema :** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO A PARTIR DE LA MEZCLA CON RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

**Autor :** ESCOBAR ZARRABE, DAVID Y GIRALDO HOYOS, SEBASTIÁN.

**Institucion :** ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA.

“El objetivo del trabajo es analizar el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo, a partir de la mezcla de éste con los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida desechados en obras, este trabajo tuvo como propósito realizar un análisis por medio de ensayos de corte directo. Si los residuos de ladrillo (poco contaminado) se pudieran tomar como un material que mejorara las propiedades mecánicas de un suelo fino. Con los resultados finales se pudo establecer que la cohesión del suelo aumenta al agregar ladrillo triturado cuando el porcentaje de material es 8%, mientras que el ángulo de fricción interno disminuye especialmente cuando la proporción del triturado es del 12%.” [4]

---

4. ESCOBAR, D., Y GIRALDO, S. *Análisis de las propiedades mecánicas del suelo a partir de la mezcla con residuos de la construcción*. Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2013.

## 2.2. BASES TEORICAS.

### 2.2.1 Nociones de Mecánica de Suelos.

“El suelo es común creencia que es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”; El suelo tiene perfil, y este es un hecho del que se hace abundante aplicación, la interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses, para fines de esta obra la palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves, quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie.” [5]

“El estudio granulométrico, se estudia al agregado para determinar la distribución del tamaño de sus partículas en toda su masa y del cual se pueden sacar constante (ejemplo: módulo de finura, tamaño máximo, tamaño nominal, etc.) que nos servirán para poder comparar la calidad del agregado. El módulo de finura, es una constante adimensional, que nos representa un volumen promedio ponderado de nuestro agregado.” [6]

5. BADILLO, J., Y RODRIGUEZ, R. *Mecánica de suelos TOMO I*. México, D.F.: LIMUSA S.A. de C.V. 1998.
6. CACHAY, R. *Diseño de mezclas*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 1993.

“La experiencia ha demostrado que las más pequeñas diferencias en el procedimiento del C.B.R. son motivos de grandes diferencias en los resultados de las mismas. Por esta razón hay necesidad de que los procedimientos de prueba se detallen paso a paso a pesar de lo cual surgen dificultades todavía. Para materiales tales como agregados gruesos, el procedimiento no ha demostrado ser completamente satisfactorio, siendo necesario realizar varias pruebas con el fin de determinar un valor promedio razonable. En algunos casos en que los agregados gruesos se encuentran en tan pequeñas cantidades que no afectan la estabilidad del suelo las partículas pueden removerse, con lo cual evitan las incongruencias en los resultados de la prueba. Sin embargo, para la mayoría de los suelos, los métodos siguientes se presentan los procedimientos y el equipo sugerido para pruebas en muestras remodeladas y compactadas en especímenes inalterados y determinaciones en el campo.” [7]

---

7. BADILLO, J., Y RODRIGUEZ, R. *Mecánica de suelos Tomo 2*. México: Limusa s.a. de C.V. 2011.

### 2.2.2 Capacidad de Carga

“La Mecánica de Suelos tiene como su capítulo fundamental la determinación de lo que se denomina la capacidad de carga del suelo. Toda obra, por otro lado, comienza por definirse previamente su fundación. El diseño de una fundación es un procedimiento que se cumple mediante tanteos, se seleccionan un tipo de fundación y dimensiones previas. Se aplican luego los procedimientos de cálculo y se determina su comportamiento, si el tipo de fundaciones resulta inadecuado, se escoge otro hasta lograr un diseño adecuado desde el punto de vista de la estabilidad y la economía.” [8]

### 2.2.3 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado.

“Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo, existen diferentes procedimientos para la determinación de la composición granulométrica de un suelo. Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200). Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.” [9]

### 2.2.4 Determinación del Límite Plástico de suelos.

“Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.” [10]

---

8. MARIN, L. *Mecánica de suelos*. Colombia: Universidad de Guayaquil, 1991.

9. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Ensayo de Materiales*. Perú: 2016.

### **2.2.5 Determinación del Límite Líquido de Suelos.**

“Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo” [11]

### **2.2.6 Ensayo Proctor Modificado.**

“Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).” [12]

10. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Ensayo de Materiales*. Perú: 2016.
11. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Ensayo de Materiales*. Perú: 2016.
12. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Ensayo de Materiales*. Perú: 2016.



### 2.2.7 Ensayo (CBR) California Bearing Ratio.

“Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Así mismo este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.” [13]

### 2.2.8 Ladrillo de Arcilla.

“Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo.” [14]

### 2.2.9 Características de los Ladrillos.

“El ladrillo está destinado principalmente a la construcción de muros, tabiques, suelos, etc., por lo que debe ser invulnerable a los efectos de la intemperie, y poseer suficiente resistencia a la compresión.” [15]

13. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Ensayo de Materiales*. Perú: 2016.

14. BARRANZUELA, J. *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*: Perú: 2014.

15. BARRANZUELA, J. *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*: Perú: 2014.

## 2.2.10 Propiedades Ingenieriles.

“Relacionadas con la resistencia estructural:

- Resistencia a la compresión: Propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión.
- Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.
- Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.
- Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.

Relacionadas con la durabilidad:

- Absorción: Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido.
- Resistencia a la congelación: Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.
- Resistencia al fuego: Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.
- Aislamiento térmico: Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.” [16]

---

16. BARRANZUELA, J. *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*: Perú: 2014.

**Figura II.1**  
**Ladrillo mecanizado diamante**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura II.2.**  
**Rotura de ladrillo mecanizado diamante**



Fuente: Elaboración propia.

Figura II.3.  
Características técnicas del ladrillo mecanizado

**LADRILLERA El Diamante**

**King Kong Hércules 10**

**Características Físicas**

**Denominación:**  
King Kong Hércules 10

**Medidas:**  
10x14x24(cm)

**Peso:**  
3.33 Kg

**Ren/m2:**  
34

**Clasificación:**  
(Según la norma peruana de construcción E070)  
Tipo IV

**Alabeo**  
4 mm

**Resistencia a Compresión**  
12.7 / 130 (Kg/cm2)

**Variación de la Dimensión**  
±4 (Hasta 100 mm)  
±3 (Hasta 150 mm)  
±2 (Más de 150 mm)

**Usos:**  
-Como ladrillo portante  
Albañilería confinada  
Albañilería Aporticada

-Colegios, Hospitales,  
Edificios, Viviendas,  
Estadios, Coliseos.

**Bondades**

- Resistentes
- Duraderos
- Caravista
- Termo/Acústicos
- Ecológicos
- Anti inflamables
- Livianos

**FICHA TÉCNICA**

Fuente: <http://ladrilleraeldiamante.com/muros/>.

## **2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.**

### **Suelo.**

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

### **Humedad Óptima del Suelo.**

Se define "humedad óptima" del suelo aquella con la que se consigue la máxima densidad seca.

### **Contenido de Humedad del Suelo.**

El contenido de humedad del suelo es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo, las rocas, la cerámica o la madera medida sobre la base de análisis volumétricos o gravimétricos, esta propiedad se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas y se expresa como una proporción completamente seca hasta el valor de la porosidad de los materiales en el punto de saturación.

### **Límite líquido.**

Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

### **Límite plástico**

Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.

### **Ensayo Proctor Modificado.**

El origen del ensayo del próctor modificado se remonta a la segunda guerra mundial, cuando estadounidenses y británicos debían realizar ensayos sobre la calidad de los pavimentos de obras aeroportuarias, y estos debían estar adaptados a los aviones de la época de una carga muy superior a la de vehículos terrestres. Por ello, se "actualizo" el ensayo del Próctor exigiéndole una mayor cantidad de energía, con lo que se pasó denominar ensayo próctor modificado.

### **Ensayo (CBR) California Bearing Ratio.**

Es una prueba de penetración para comprobar las características mecánicas de un suelo, consiste en medir la presión necesaria para hacer penetrar un pistón en una muestra de suelo, se calcula en un laboratorio, haciendo penetrar un pistón en una muestra de suelo, a velocidad constante de 1,27 mm/minuto a una profundidad de 0,1 y 0,2 pulgadas, la muestra de suelo se compacta en un molde cilíndrico de 15,24 cm de diámetro y 12,7 cm de altura. La humedad que tenga la muestra de suelo ha de ser la máxima que probablemente tenga la explanación una vez que la carretera o camino esté en servicio, la prueba dura 10 minutos; El índice CBR se ha desarrollado para medir la capacidad de carga de los suelos a la hora de construir carreteras, aunque también se puede utilizar para caminos rurales.

### **Ladrillo Mecanizado.**

Un ladrillo mecanizado es un material de construcción, normalmente cerámico y con forma ortoédrica, cuyas dimensiones permiten que se pueda colocar con una sola mano por parte de un operario. Se emplea en albañilería.

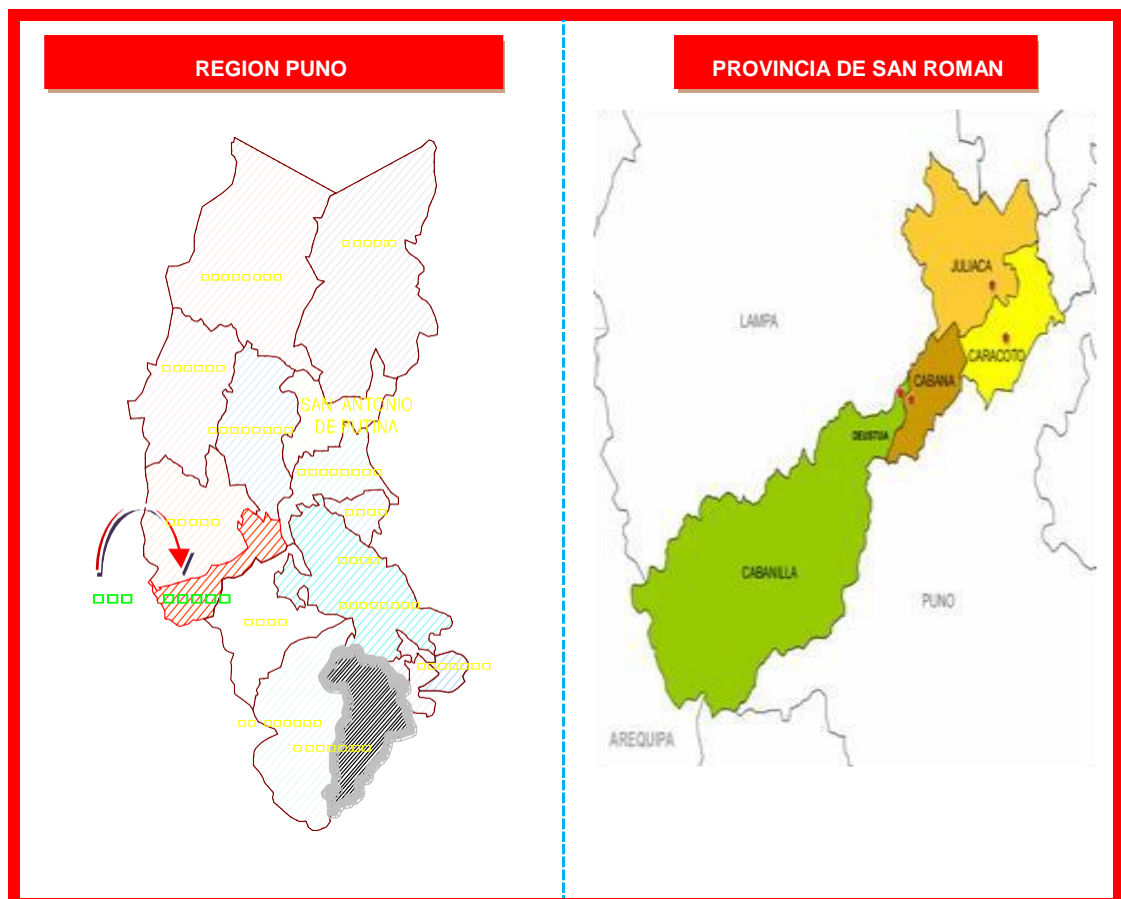
## CAPITULO III

### PRESENTACION DE RESULTADOS.

#### 3.1. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.

El presente estudio de investigación, se localiza en la Provincia de San Román, en la carretera Juliaca – Mañazo, que tiene una longitud de 22.097 Km., perteneciente a la Provincia de San Román, la carretera es de afirmado de espesor 0.20 m.

**Figura III.1.**  
**Mapa de Localización Geográfica**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTUDIO.

La ubicación está en la carretera Juliaca – Mañazo, la carretera tiene una longitud de 44.032 Km., pero sin embargo solo se toma como ubicación de estudio una longitud de 22.097 Km., de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, la carretera es de afirmado de espesor 0.20 m, con un Índice Medio Diario (IMD) de 50 Vehículos diarios, promedio.

**Tabla III.1.**  
**Ubicación de Coordenadas Geográficas**

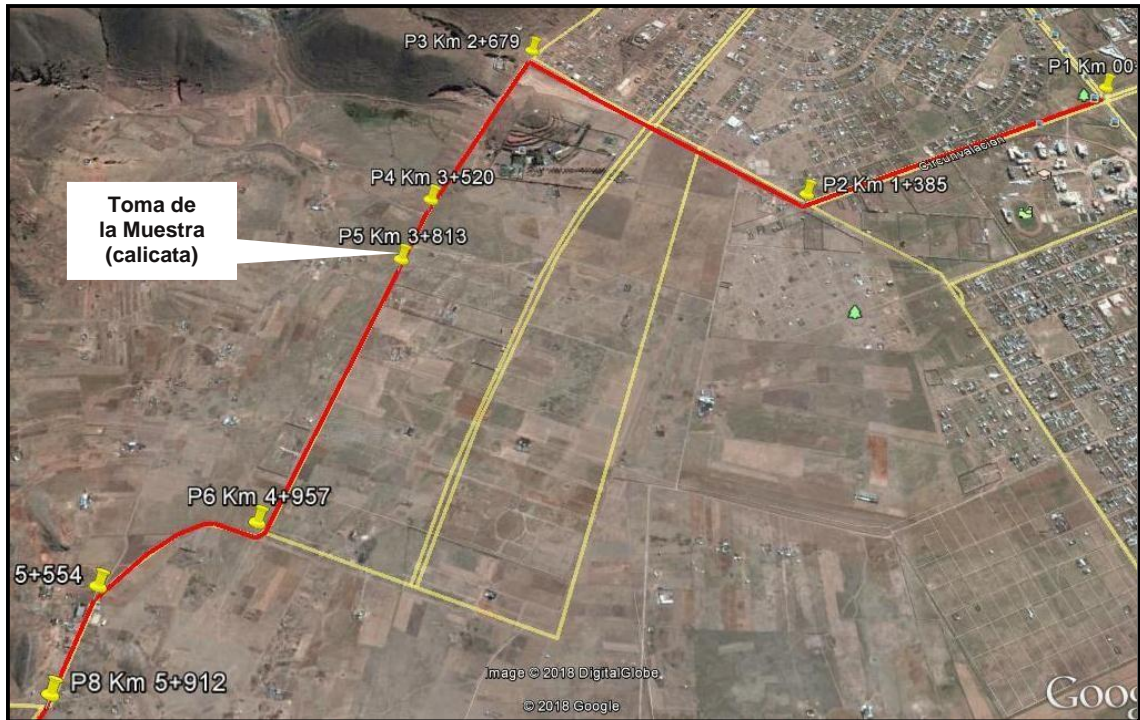
Puntos	Km	Latitud Sur	Longitud Oeste
P1	Km 00+00	15° 31' 46.25"	70° 7' 2.42"
P2	Km 1+385	15° 32' 3.94"	70° 7' 45.10"
P3	Km 2+679	15° 31' 40.36"	70° 8' 21.03"
P4	Km 3+520	15° 32' 4.81"	70° 8' 33.74"
P5	Km 3+813	15° 32' 13.848"	70° 8' 36.744"
P6	Km 4+957	15° 32' 48.04"	70° 8' 50.62"
P7	Km 5+554	15° 32' 55.26"	70° 9' 6.91"
P8	Km 5+912	15° 33' 6.60"	70° 9' 9.67"
P9	Km 22+097	15° 40' 0.61"	70° 14' 32.90"

**Fuente:** Elaboración propia.

Durante el trabajo de investigación, se realizó calicatas, de acuerdo al reglamento de carreteras a una profundidad de 1.5 m. en un área de 1.5 m. x 1.5 m., por consiguiente se tomó muestra la calicata en el P5 en el Km 3.813, en las coordenadas geográficas 15° 32' 13.848" latitud sur y 70° 08' 36.744" longitud oeste, a una altitud de 3830 m.s.n.m., por ser el más deficiente e inestable, de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.



**Figura III.2.**  
**Zona de Ubicación de la Muestra**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura III.3.**  
**Zona de Ubicación del Estudio**



Fuente: Elaboración propia.

### **3.3. CONFIABILIDAD Y VALIDACION DEL INSTRUMENTO.**

El análisis de confiabilidad y validación de instrumentos se realizaron en el laboratorio GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. las cuales cumplen con los estándares de las normas técnicas peruanas certificadas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

### **3.4. ANALISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.**

El análisis cuantitativo de las variables de la investigación se realizara de acuerdo a las muestras obtenidas los cuales serán procesados en laboratorios las cuales cumplen con los estándares de las normas técnicas peruanas certificadas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

### **3.5. TOMA DE MUESTRA.**

#### **a) Calicatas.**

Las calicatas son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el geotécnico, de un terreno. Las mismas que permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. Por cuanto se realizó las calicatas respectivas de acuerdo al reglamento de carreteras a una profundidad de 1.5 m. en un área de 1.5 m. x 1.5 m., por consiguiente se tomo muestra la calicata en el P5 en el Km 3.813, en las coordenadas geográficas 15° 32´ 13.848" latitud sur y 70° 08´ 36.744" longitud oeste, a una altitud de 3830 m.s.n.m., por ser el más deficiente e inestable, de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

Seguidamente se realizó la toma de las muestras del suelo en costales aproximadamente 150 kg para el análisis del suelo natural y otros 150 kg, para la mezcla con desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), también se tomó una muestra de 1/2 Kg, del fondo para el contenido de humedad del suelo en laboratorio.

#### **b) Secado de la muestra.**

El secado se debe realizar de manera natural, para no alterar las propiedades mecánicas de la muestra.

#### **c) Contenido de Humedad del Suelo ASTM-D-2216-MTC-E 108.**

Es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$w = \frac{\text{Peso.de.agua}}{\text{Peso.de.suelo.secado.al.horno}} \times 100$$
$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

$W$  = es el contenido de humedad, (%).

$M_{cws}$  = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos.

$M_{cs}$  = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos.

$M_c$  = es el peso del contenedor, en gramos.

$M_w$  = es el peso del agua, en gramos.

$M_s$  = es el peso de las partículas sólidas, en gramos.

**Tabla III.2.**  
**Contenido de Humedad del Suelo ASTM-D-2216-MTC-E 108.**

<b>Muestras</b>	<b>Contenido de Humedad</b>
Terreno natural con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)	No presenta
Terreno Natural	22%

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **d) Granulometría.**

Se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca, es a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

#### **e) Límite de consistencia.**

Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).

#### **f) Límite Líquido ASTM-D424 D-4318 AASHTO-T90.**

El límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo, en el equipo de Casagrande.

**g) Limite Plástico ASTM-D424 D-4318 AASHTO-T90.**

Para realizar este procedimiento de límite plástico, a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen, se toman aproximadamente 20 gr.

**h) Índice Plasticidad ASTM-D424 D-4318 AASHTO-T90**

Para la determinación del índice de plasticidad de un suelo es la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

I.P. = Índice de Plasticidad

L.L. = Limite Liquido

L.P. = Limite Plástico

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

**i) Clasificación del suelo.**

Luego de obtener los porcentajes que pasan y que son retenidos por el tamiz, el suelo se clasificó por medio de la clasificación unificada de suelos (SUCS), sistema que indicó que la muestra de suelo analizada es suelos limosos (ML), ASSTHO A-4(3), la plasticidad y los límites se sacaron por medio del ensayo de límites de consistencia.

**Tabla III.3.**  
**Límites de consistencia del suelo**

Muestras	LIMITES DE CONSISTENCIA		
	L.L. (%w)	L.P. (%w)	I.P. (%w)
Terreno natural con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)	No Presenta	No Presenta	No presenta
Terreno Natural	22,93%	15.25%	7.68%

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.6. ANALISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA (LADRILLO MECANIZADO).

#### 3.6.1. Resultados de la humedad óptima del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).

Para el cálculo de la humedad óptima aplicada a la compactación del suelo es necesario determinar la relación humedad - densidad de un suelo compactado en un molde normalizado mediante un pisón de masa normalizada, en caída libre y con una energía específica de compactación. La compactación se define como el proceso mecánico mediante el cual se disminuye la cantidad de huecos en una masa de suelo, obligando a sus partículas a un contacto más íntimo entre sí, es decir, a un aumento de la densidad de un material determinado. Las variables determinantes de la compacidad que se pueda lograr en un determinado material, son la humedad que posee el suelo y el nivel de energía en la compactación. También a través de la compactación se realiza la expulsión del aire de los poros, lo que implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, lo que produce en el suelo cambio de volumen de importancia, principalmente en el volumen de aire, ya que por lo general no se expulsa agua de los huecos durante el proceso de compactación, siendo por lo tanto la condición de un suelo compactada la de un suelo parcialmente saturado

**Tabla III.4.  
Humedad óptima del suelo.**

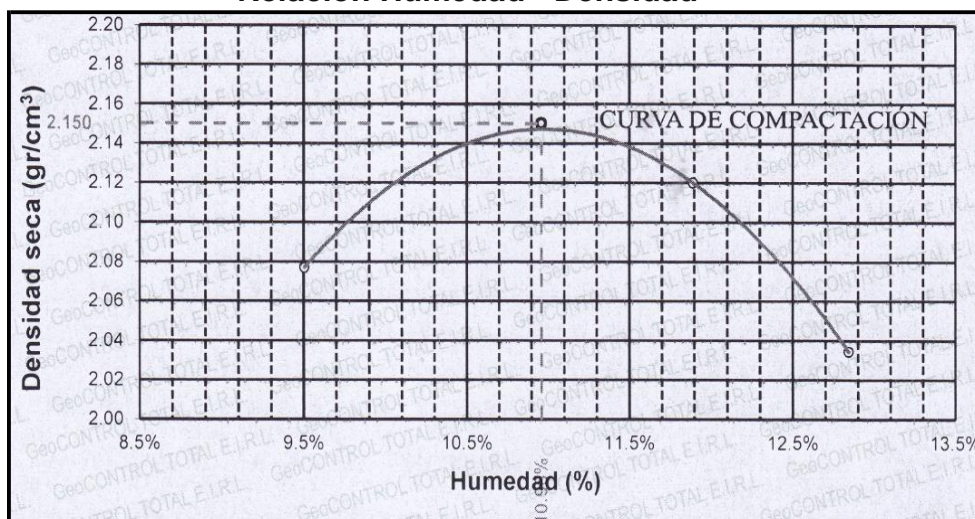
Muestras	Humedad óptima (%)
Terreno natural con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)	10.96
Terreno Natural	11.25

**Fuente:** Elaboración propia.

Por consiguiente de acuerdo a lo obtenido en el ensayo de laboratorio el porcentaje de humedad óptima es 10.96 %, para la compactación del suelo de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

Así mismo el comportamiento de la a curva de compactación indica que en el punto de intersección optima es la humedad optima 10.96 % (eje x) y la máxima densidad seca 2.150 gr/cm<sup>3</sup> (eje y), por consiguiente es el punto óptimo de la curva de compactación del suelo, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura III.4.**  
**Relación Humedad - Densidad**



Fuente: Elaboración propia.

Por cuanto se debe tener en cuenta que la compactación de un suelo bajo diferentes condiciones de humedad y siendo cualquiera método empleado, se relaciona las densidades con los porcentajes de humedad, lo que da como resultado una curva atípica. Entonces es importante una buena compactación ya que tiene muchas ventajas en carreteras ya que aumenta la resistencia y capacidad de carga del suelo, reduce la compresibilidad y disminuye la aptitud para absorber el agua, reduce los asentamientos debido a la disminución de la relación de vacíos, reduce el efecto de contracción, y mejora las condiciones de esfuerzo deformaciones del suelo.

En tal sentido existen diferentes tipos de compactación en campo de acuerdo a la forma de aplicación de la carga como, la compactación por amasado, compactación por presión, compactación por impacto, compactación por vibración y compactación por métodos mixtos.



### **3.62 Resultados del ensayo proctor modificado ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180 del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).**

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

Las muestras obtenidas del suelo, en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, se utilizaran para el ensayo así mismo el ensayo abarca los procedimientos de compactación, con los porcentajes obtenidos en las pruebas de laboratorio de acuerdo al análisis granulométrico por tamizado con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), el porcentaje de la mezcla es de 80% terreno natural y 20% desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), también se pudo determinar que el método utilizado para realizar la prueba es:

#### **Método "C"**

Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

Materiales: se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg).

Número de Capas: 5

Golpes por Capa: 56

Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg).

El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Para la ejecución de este ensayo fue necesario tomar 03 muestras obtenidas en laboratorio con la mezcla de terreno natural y los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en los porcentajes de la mezcla de 80% suelo natural y 20% desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), cada muestra tiene una masa de 2.6 Kg., y se organizaron en bolsas a las que se le agregaron 300 ml., 400 ml. y 450 ml. de agua a cada muestra, luego de esto se procedió a desarrollar la energía de compactación que arrojó un número de 56 golpes en 5 capas.

Obteniendo el resultado del ensayo proctor modificado método "C" ASTM D-698 D-1557 AASHTO T - 99 T-180 del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado). A los 56 golpes la máxima densidad seca es 2.150 gr/cm<sup>3</sup>., del suelo.

**Tabla III.5.**  
**Proctor modificado del suelo ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180**

Descripción	Terreno natural	Terreno natural con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)
	Proctor modificado Método "A"	Proctor modificado Método "C"
Humedad Óptima (%)	11.25	10.96
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.077	2.150

**Fuente:** Elaboración propia.

Por consiguiente la compactación se debe realizar en el punto de óptimo es humedad óptima 10.96 % (eje x) y la máxima densidad seca 2.150 gr/cm<sup>3</sup> (eje y), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

### **3.6.3. Resultados del ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).**

Se describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

Para la ejecución de este ensayo fue necesario tomar 03 muestras obtenidas en laboratorio con la mezcla de terreno natural y los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en los porcentajes de la mezcla de 80% terreno natural y 20% desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), cada muestra tiene una masa de 5.0 Kg. y se organizaron en bolsas a las que se le agregaron 300 ml., 400 ml. y 450 ml. de agua, a cada muestra, posteriormente se procedió a desarrollar el procedimiento para la determinación del CBR, en el equipo que realiza la penetración a la muestra compactada para determinar el CBR.

Obteniendo el resultado del ensayo CBR (California Bearing Ratio) ASTM D1557-91, del suelo compactado con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado) de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román. Es de CBR 13.2 que es para una sub rasante de regular a buena. Así mismo se muestran los resultados obtenidos en la siguiente tabla.

**Tabla III.6.**  
**CBR (California Bearing Ratio) del suelo**

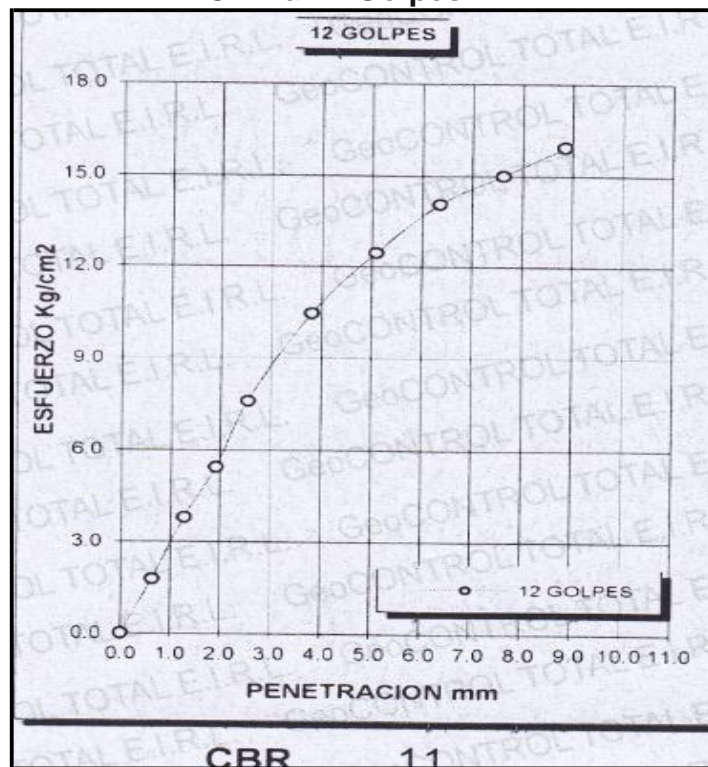
Descripción	Terreno natural	Terreno natural con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)
	CBR	CBR
CBR al 100 de Máxima Densidad Seca (%)	11.0	13.2
CBR al 95 de Maxima Densidad Seca (%)	9.1	11.9
SUCS	ML	-
AASHTO	A – 4(3)	-

**Fuente:** Elaboración propia.

Por consiguiente el CBR al 100 % de su máxima densidad seca y a 8.84 mm., de penetración es igual a 13.2, en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, para sub rasante de regular a bueno.

Resultados obtenidos del CBR a 12 golpes, CBR al 100 % de su máxima densidad seca y a 8.84 mm., de penetración es igual a 11, y 15.9 kg/cm<sup>2</sup> en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, para una sub rasante de regular a buena, como se muestra los resultados en la siguiente figura.

**Figura III.5.  
 CBR a 12 Golpes**

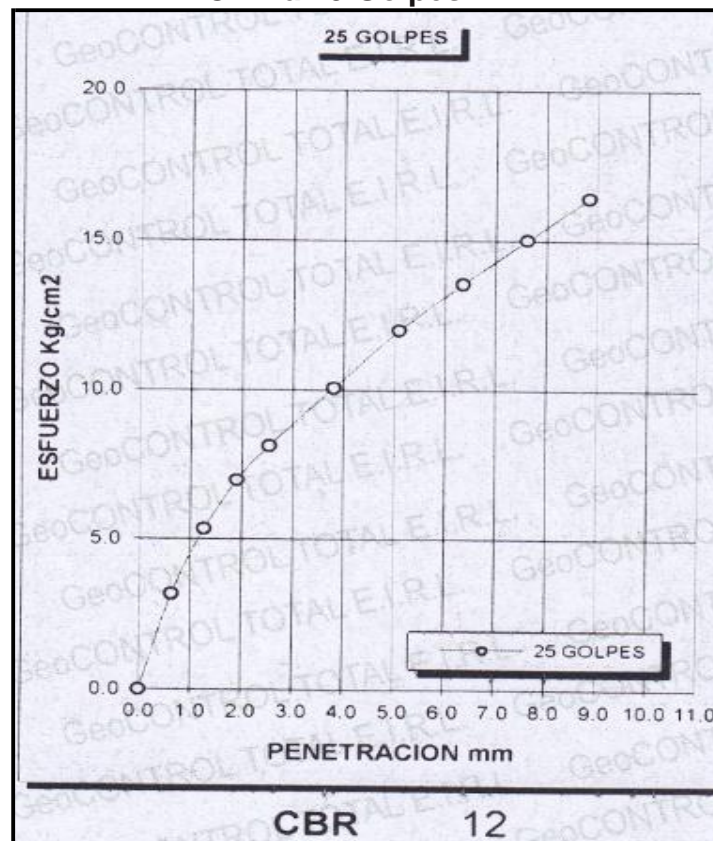


Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se muestra en la figura la relación entre la penetración en milímetros 8.84 mm. (Eje x) y esfuerzo 15.9 Kg/cm<sup>2</sup> (Eje y), y 315.11 Kg. en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, para una sub rasante de regular a buena.

Resultados obtenidos del CBR a 25 golpes, CBR al 100 % de su máxima densidad seca y a 8.84 mm., de penetración es igual a 12, y a 16.4 kg/cm<sup>2</sup> en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, para una sub rasante de regular a buena, como se muestra los resultados en la siguiente figura.

**Figura III.6.**  
**CBR a 25 Golpes.**

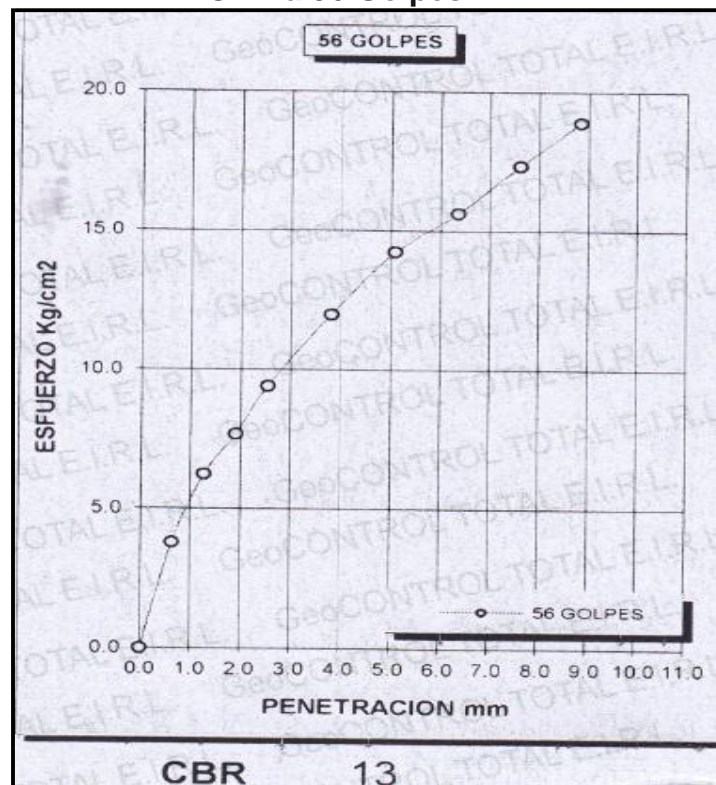


Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se muestra en la figura la relación entre la penetración en milímetros 8.84 mm. (Eje x) y esfuerzo 16.4 Kg/cm<sup>2</sup> (Eje y), y a 325 Kg. en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, para una sub rasante de regular a buena.

Resultados obtenidos del CBR a 56 golpes, CBR al 100 % de su máxima densidad seca y a 8.84 mm., de penetración es igual a 13.2, y 18.9 kg/cm<sup>2</sup> en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, para una sub rasante de regular a buena, como se muestra los resultados en la siguiente figura.

**Figura III.7.  
 CBR a 56 Golpes.**



Fuente: Elaboración propia.

También el resultado obtenido CBR al 95 % de su máxima densidad seca y a 8.84 mm., de penetración es igual a 11.9 en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, que es para una sub rasante de regular a buena.

Así mismo se muestra en la figura la relación entre la penetración en milímetros 8.84 mm. (Eje x) y esfuerzo 18.9 Kg/cm<sup>2</sup> (Eje y), y 325 Kg. en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, que es para una sub rasante de regular a buena.

### **3.7. PRUEBAS DE NORMALIDAD.**

- Análisis Granulometría.
- Contenido de Humedad.
- Limite Líquido.
- Limite Plastico.
- Índice de Plasticidad.
- Ensayo de Proctor.
- Ensayo del (CBR) California Bearing Ratio.



## CAPITULO IV

### PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS.

#### 4.1. PRUEBA DE HIPOTESIS GENERAL.

La contrastación de la prueba de hipótesis general de acuerdo a lo planteado se cumple, Las propiedades mecánicas del suelo mejora significativamente con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017. Para suelo de sub rasante CBR de 11 a 13.2.

$H_0$ : Hipótesis Nula.

$H_a$ : Hipótesis Alterna.

$H_0$ : El suelo de sub rasante mejora con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la Provincia de San Román, Puno -2017. De acuerdo al CBR.

$H_a$ : El suelo de sub rasante no mejora con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la Provincia de San Román, Puno -2017. De acuerdo al CBR.

Por consiguiente se acepta la hipótesis nula, entonces estamos afirmando que son significativas.

## 4.2. PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECÍFICA.

- De lo planteado en la primera hipótesis específica se cumple, de acuerdo a lo planteado, el porcentaje de la humedad óptima del suelo disminuye con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román. De obtenido en laboratorio disminuye el porcentaje de la humedad óptima de 11.25% a 10.96%.

$H_0$ : La humedad óptima del suelo disminuye con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

$H_a$ : La humedad óptima del suelo aumenta con incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

Por consiguiente se acepta la hipótesis nula, entonces estamos afirmando que son significativas.

- La segunda hipótesis específica también cumple de acuerdo a lo planteado, el proctor modificado del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, es el método "C" debido a que el material utilizado las partículas pasan el tamiz 19.0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulgadas).

$H_0$  :El proctor modificado es el método "C" del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la Provincia de San Román.

$H_a$  : El proctor modificado no es el método "C" del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la Provincia de San Román.

Por consiguiente se acepta la hipótesis nula, entonces estamos afirmando que son significativas.

- La tercera hipótesis también se cumple de acuerdo a lo planteado, el CBR (California Bearing Ratio) del suelo aumenta con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, aumentara su máxima densidad seca en porcentajes. El CBR aumenta al 100 de la máxima densidad seca (%) de 11 a 13.2. de lo obtenido en laboratorio.

$H_0$  :El CBR al 100 % de su máxima densidad seca aumenta con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la Provincia de San Román.

$H_a$  : El CBR al 100 % de su máxima densidad seca disminuye con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la Provincia de San Román.

Por consiguiente se acepta la hipótesis nula, entonces estamos afirmando que son significativas.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El suelo es un material que presenta gran cantidad variables, las cuales hacen de éste un material muy complejo. Por consiguiente se requiere realizar un sin número de pruebas y ensayos para poder obtener características específicas del suelo y poder así posiblemente encontrar resultados que puedan conformar una base más sólida del comportamiento de los suelos cuando es mezclado con este tipo de material. Por lo tanto es recomendable considerar analizar la interacción del comportamiento de la mezcla de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

**Tabla V.1.**  
**Comparación de Resultados**

Descripción	Terreno natural	Terreno natural con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)
Contenido de Humedad (%)	22	-
Límite Líquido	22.93	-
Límite Plástico	15.25	-
Índice de Plasticidad	7.68	-
Descripción	Proctor Modificado Tipo "A"	Proctor Modificado Tipo "C"
Humedad Óptima (%)	11.25	10.96
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.077	2.150
Descripción	CBR	CBR
CBR al 100 de Máxima Densidad Seca (%)	11.0	13.2
CBR al 95 de Máxima Densidad Seca (%)	9.1	11.9
SUCS	ML	-
AASHTO	A – 4(3)	-

Fuente: Elaboración propia.

## **CONCLUSIONES.**

PRIMERO. La obtención de la humedad óptima del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), es de 10.96 % para ejecutar la compactación del suelo, en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

SEGUNDO. En la obtención del ensayo de proctor modificado del suelo con incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), fue el método "C" el que se utilizó, y la máxima densidad seca es 2.150 gr/cm<sup>3</sup> del suelo en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.

TERCERO. De acuerdo a la obtención del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), fue de CBR al 100 % de su máxima densidad seca es 13.2 en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, lo que significa la clasificación para un suelo de subrasante de regular a buena.

## **RECOMENDACIONES.**

PRIMERO. Se recomienda realizar más estudios de suelos, respecto a los límites de consistencia para una posterior ejecución de mejoramiento y rehabilitación de la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Roman.

SEGUNDO. Se recomienda realizar más estudios de la compactación del suelo con la mezcla de ladrillo mecanizado, continuamente a de acuerdo al reglamento de carreteras, con lo cual se obtendrá resultados que puedan conformar una sub rasante más sólida del comportamiento de los suelos cuando es mezclado con este tipo de material.

TERCERO. Se recomienda realizar más estudios respecto al CBR del suelo con ladrillo mecanizado, con la finalidad de desarrollar tecnologías y que sea más económico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Begliardo, H., Sanchez, M., Y Panigatti, M. (2004). Ladrillos de suelo-cemento elaborados con suelos superficiales y barros de excavación para pilotes. Recuperado, de Universidad Tecnológica Nacional Sitio web: <http://www.cricyt.edu.ar/secprensa/siacot/cdenlinea/ponencias/comision4/Begliardo,%20Hugo/PO-Hugo%20Begliardo%20y%20otros%20autores.pdf>
- BADILLO, J., Y RODRIGUEZ, R. (1998). Mecánica de suelos tomo I. México, d.f.: Limusa s.a. de c.v.
- Badillo, J., y Rodriguez, R. (2011). Mecánica de suelos tomo 2. México: LIMUSA S.A. de C.V.
- BARRANZUELA, J. (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura. Recuperado, de Universidad de Piura Sitio web: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICL\\_199.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICL_199.pdf)
- CACHAY, R. (1993). Diseño de mezclas. LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
- ESCOBAR, D., Y GIRALDO, S. (2013). Análisis de las propiedades mecánicas del suelo a partir de la mezcla con residuos de la construcción. Recuperado, de ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA Sitio web: <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/315/1/CIVI0426.pdf>
- HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C., Y BAPTISTA, P. (2000). Metodología de la investigación. Mexico: McGRAW-HILLINTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). Manual de ensayo de materiales. RECUPERADO, de MTC Sitio web: [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2014). manual de carreteras. Especificaciones técnicas para construcción eg-2014, de MTC Sitio web: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3580.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf)
- JARA, R. (2014). Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso., de Universidad Nacional de Cajamarca Sitio web:

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/686/T%20631.4%20J37%202014.pdf?sequence=1>

PÉREZ, A. (2012). Triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto, Recuperado, de Use of Crushed Recycled Brick Coarse as Aggregate in the Use of Crushed Recycled Brick Coarse as Aggregate in the Elaboration of Concrete Elaboration of Concrete Sitio web: <file:///C:/Users/intel/Downloads/1287-2997-1-PB.pdf>

QUIROZ, J. (2015). Análisis de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de suelo cemento fabricadas con arena de la cantera de vicho, suelo de la zona ladrillera de san jerónimo y cemento portland tipo ip.. recuperado, de Universidad Andina del Cusco, Cusco – Perú Sitio web: <http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/73/3/RESUMEN.pdf>

SALCEDO, K. (2016). Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (eco road 2000) para pavimentación en palian – Huancayo - Junín., de Universidad Nacional los Andes Sitio web: [http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/112/Lizeth\\_Mercedes\\_Tesis\\_Licenciado\\_2016.pdf?sequence=3](http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/112/Lizeth_Mercedes_Tesis_Licenciado_2016.pdf?sequence=3)

SEGURA, C. (2015). Estabilización de suelos de alta plasticidad usando cemento portland en el departamento de Lambayeque. Universidad Señor de Sipan Sitio web: <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/uss/1047/1/INGENIER%20C3%8DA%20CIVIL.pdf>

VELARDE, A. (2015). Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento., de Universidad Nacional del Altiplano Sitio web: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2273/Velarde\\_Del\\_Castillo\\_Abel\\_Darwin.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2273/Velarde_Del_Castillo_Abel_Darwin.pdf?sequence=1)

<http://ladrilleraeldiamante.com/muros/>.



## **ANEXOS**

### **Anexo 1 Registro Fotográfico**

**Ilustración 1**  
**Calicata del suelo natural de la carretera Juliaca - Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 2**  
**Muestras del suelo natural en la carretera Juliaca - Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 3**  
**Tamizado de la muestra por tamices**  
**De la carretera Juliaca - Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 4**  
**Zarandeo de la muestras por tamices**  
**De la carretera Juliaca Mañazo**



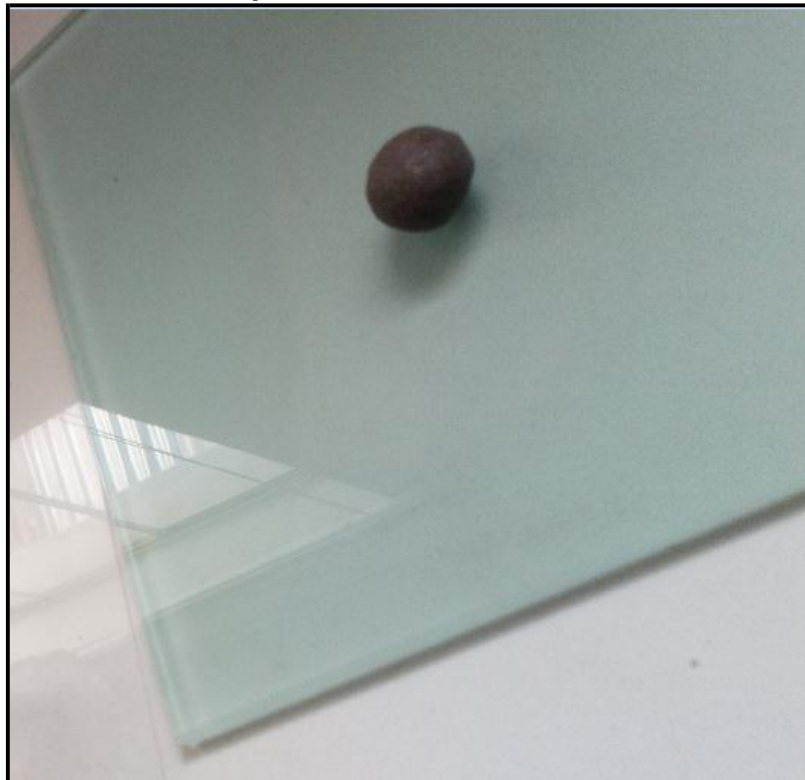
Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 5**  
**Limite líquido de la carretera Juliaca – Mañazo.**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 6**  
**Muestra del límite plástico de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 7**  
**Obtención Límite Plástico de la carretera Juliaca- Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 8**  
**Mezcla de suelo natural con desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 9**  
**Mezcla de suelo natural con desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 10**  
**Tamizado de suelo natural con desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado)**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 11**  
**Muestra para proctor modificado de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 12**  
**Peso muestra del proctor modificado de la carretera Juliaca- Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 13**  
**Muestra del proctor modificado de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 14**  
**Muestra del proctor modificado de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.



**Ilustración 15**  
**Muestras de CBR sumergido en agua de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 16**  
**Muestras de CBR sumergido en agua de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 17**  
**Muestras de CBR sumergido en agua de 12, 25 y 56 golpes**  
**De la carretera Juliaca- Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 18**  
**Muestras para CBR sumergido en agua de 12, 25 y 56 golpes**  
**De la carretera Juliaca- Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 19**  
**Muestras de CBR fuera del agua de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 20**  
**Muestras de CBR destapadas de 12, 25 y 56 golpes de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 21**  
**Equipo para ensayo CBR**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 22**  
**Muestra de 56 golpes ensayo CBR de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 23**  
**Muestra luego de ensayo CBR de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 24**  
**Verificación de resultados de ensayo CBR de la carretera Juliaca-Mañazo**



Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXOS**

### **Anexo 2 Ensayos de Laboratorio**



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612676

INFORME DE ENSAYO

**ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA**

CODIGO DE INFORME  
**GCT-LC-015**  
 pagina 1 de 5

**PROYECTO** : "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DELSUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN - PUNO"  
**SOLICITANTE** : BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ  
**UBICACIÓN** : CARRETERA JULIACA - MAÑAZO  
**MUESTRA** : C - 1  
**F. SOLICITUD** : 23/09/2017  
**F. EJECUCION** : 25/09/2017  
**ENSAYADO EN** : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	168.42
SUELO SECO + TARRO	gr	141.58
PESO DEL TARRO	gr	22.76
PESO DEL AGUA	gr	26.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	118.82
HUMEDAD %	%	22.59

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

TARRO N°	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		
	10	16	200	7	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.73	35.48	19.81	19.20
SUELO SECO + TARRO	gr	32.45	33.07	19.06	18.54
PESO DEL TARRO	gr	22.64	22.74	14.18	14.18
PESO DEL AGUA	gr	2.28	2.41	0.75	0.66
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.81	10.33	4.88	4.36
HUMEDAD %	%	23.24	23.33	15.37	15.14
N° DE GOLPES		22	22		
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>22.93</b>	<b>LIMITE PLASTICO</b>	<b>15.25</b>		

**INDICE PLASTICO** : 7.68

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

**Raul Miranda Quintanilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERIA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000156



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612676

INFORME DE ENSAYO  
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ASTM D422

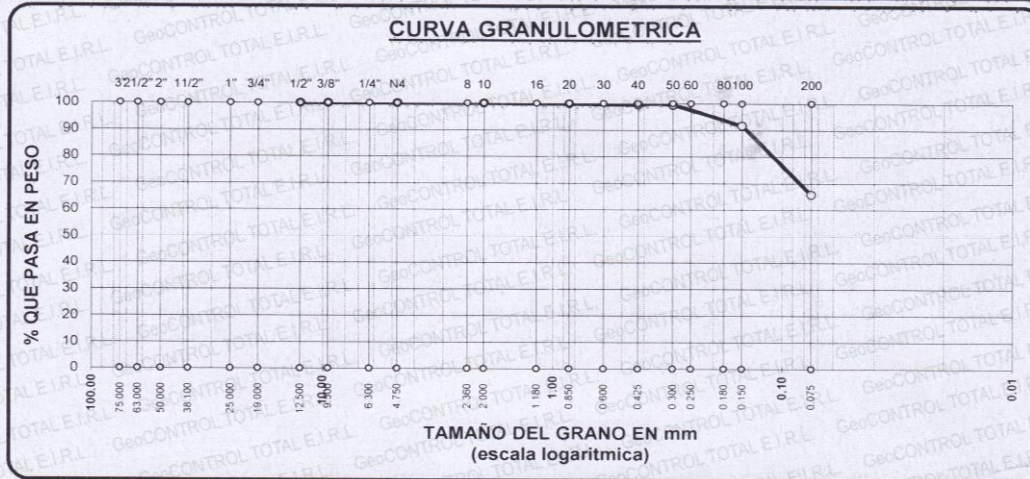
CODIGO DE INFORME

GCT-AG-018

pagina 2 de 5

**PROYECTO:** "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DELSUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"  
**SOLICITANTE:** BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ  
**UBICACIÓN:** CARRETERA JULIACA - MAÑAZO  
**CALICATA:** C - 1  
**F. SOLICITUD:** 23/09/2017  
**F. EJECUCION:** 25/09/2017  
**ENSAYADO EN:** LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO
3"	75.000						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 300 00
2"	50.000						P.L.= 102 84
1 1/2"	38.100						P.P.= 197 16
1"	25.000						% w = 22 59
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L.= 22.93
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 15.25
1/4"	6.300						I.P.= 7.68
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00		D30= ---- Cc= ----
No16	1.180						D60= ----
No20	0.850	0.58	0.19	0.19	99.81		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	0.72	0.24	0.43	99.57		SUCS : ML
No 50	0.300	0.42	0.14	0.57	99.43		ASSTHO : A-4(3)
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	23.08	7.69	8.27	91.73		
No200	0.075	78.04	26.01	34.28	65.72		
BASE		197.16	65.72	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA							



*Raul Miranda*  
**Raul Miranda Quintanilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 131400

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000157





**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**  
 ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

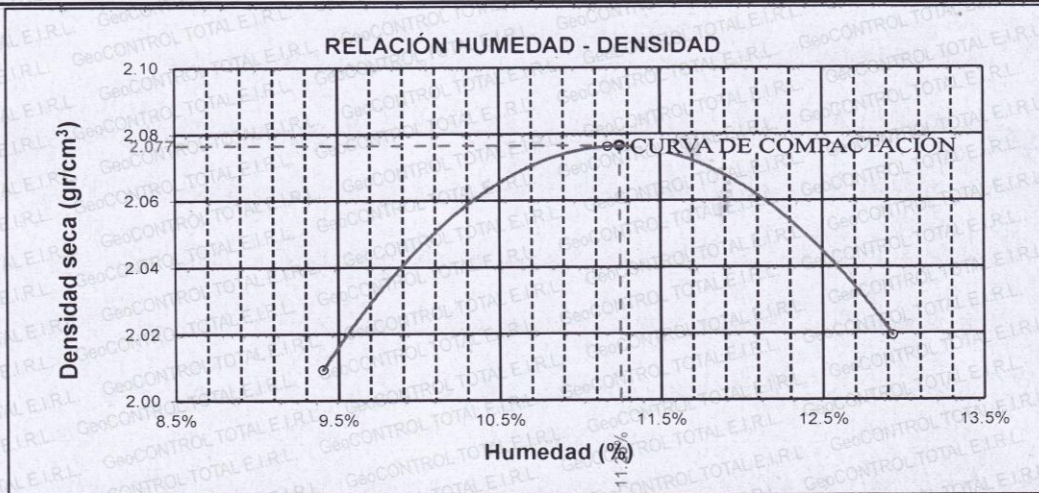
CODIGO DE INFORME

GCT-PM-08

pagina 3 de 5

**PROYECTO** : "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACIÓN DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"  
**SOLICITANTE** : BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ F. SOLICITUD: 23/09/2017  
**UBICACIÓN** : CARRETERA JULIACA - MAÑAZO F. EJECUCION: 25/09/2017  
**CALICATA** : C - 1 ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	899 cm <sup>3</sup>		
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes		
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6125	6224	6199			
Peso del Molde	gr.	4149	4149	4149			
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1976	2075	2050			
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.198	2.308	2.280			
Capsula No	No	3	441	30	33	41	445
Suelo Humedo + Capsula	gr.	167.79	164.88	181.87	208.87	196.94	218.66
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	155.36	152.64	165.77	190.34	177.12	196.13
Peso del Agua	gr.	12.43	12.24	16.10	18.53	19.82	22.53
Peso de la Capsula	gr.	22.66	22.99	23.10	22.93	22.85	23.03
Peso del Suelo Seco	gr.	132.70	129.65	142.67	167.41	154.27	173.10
% de Humedad	%	9.37%	9.44%	11.28%	11.07%	12.85%	13.02%
Promedio de Humedad	%	9.40%		11.18%		12.93%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.009		2.076		2.019	
METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"			MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.077 gr/cm <sup>3</sup>	
				HUMEDAD OPTIMA	:	11.25%	



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

*Raul Miranda Quintanilla*  
**Raul Miranda Quintanilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 131400

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000158



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

CODIGO DE INFORME  
**GCT-CBR-05**

pagina 4 de 5

### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN - PUNO"  
 SOLICITANTE : BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ  
 UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - MAÑAZO  
 CALICATA : C - 1  
 CANTERA : TERRENO NATURAL  
 F. SOLICITUD: 23/09/2017  
 F. EJECUCION: 25/09/2017  
 ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

CONDICIONES DE LA MUESTRA	MOLDE No 184		MOLDE No 174		MOLDE No 182					
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR				
MOLDE No	184		174		182					
No DE CAPAS	5		5		5					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56					
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	13080	12920	13388	13314	13370	13329			
Peso del Molde	gr	8438	8438	8469	8469	8401	8401			
Peso del Suelo Humedo	gr	4642	4482	4919	4845	4969	4928			
Volumen del Suelo	cc	2121.38	2121.38	2116.77	2116.77	2122.34	2122.34			
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.188	2.113	2.324	2.289	2.341	2.322			
Capsula No	No	449	7	39	447	39	449	199	38	40
Suelo Humedo + Capsula	gr	185.32	189.50	213.36	175.05	179.44	204.90	174.95	181.26	200.81
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	162.80	167.44	193.89	156.99	160.55	186.95	157.38	162.82	182.82
Peso del Agua	gr	22.52	22.06	19.47	18.06	18.89	17.95	17.57	18.44	17.99
Peso de la Capsula	gr	23.44	22.93	23.32	23.09	23.33	23.43	22.85	23.10	22.54
Peso del Suelo Seco	gr	139.36	144.51	170.57	133.90	137.22	163.52	134.53	139.72	160.28
% de Humedad	%	16.16%	15.27%	11.41%	13.49%	13.77%	10.98%	13.06%	13.20%	11.22%
Propiedad de Humedad	%	15.71%	11.41%	13.63%	10.98%	13.13%	11.22%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.891	1.896	2.045	2.062	2.070	2.088			

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial		Expansion		Dial		Expansion		Dial		Expansion	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
26/09/2017	10:40 p.m.	0	190.00	0.00	0	0	414.00	0	0	314.00	0	0	0	0
27/09/2017	10:40 p.m.	24:00:00	212.00	0.56	0.48	0.48	430.00	0.41	0.35	322.00	0.20	0.17	0.17	0.17
28/09/2017	10:40 p.m.	48:00:00	214.00	0.61	0.52	0.52	434.00	0.51	0.44	323.00	0.23	0.20	0.20	0.20
29/09/2017	10:40 p.m.	72:00:00	214.00	0.61	0.52	0.52	435.00	0.53	0.46	324.00	0.25	0.22	0.22	0.22
30/09/2017	10:40 p.m.	96:00:00	216.00	0.66	0.57	0.57	436.00	0.56	0.48	325.00	0.28	0.24	0.24	0.24

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No 184				MOLDE No 174				MOLDE No 182			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		27.30	1.4		55.60	2.8		65.00	3.3				
1.27	01:00		59.10	3.0		89.00	4.5		102.00	5.2				
1.91	01:30		86.50	4.4		115.00	5.8		134.00	6.8				
2.54	02:00	70.31	110.00	5.6		137.00	6.9		157.00	7.9				
3.81	03:00		155.30	7.9		186.00	9.4		203.00	10.3				
5.09	04:00	105.00	203.40	10.3		229.20	11.6		250.00	12.6				
6.35	05:00		237.40	12.0		263.00	13.3		288.00	14.6				
7.62	06:00		267.10	13.5		288.00	14.6		322.00	16.3				
8.84	07:00		284.00	14.4		310.00	15.7		352.00	17.8				
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

**Raul Mirandis Quintanilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000159



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO

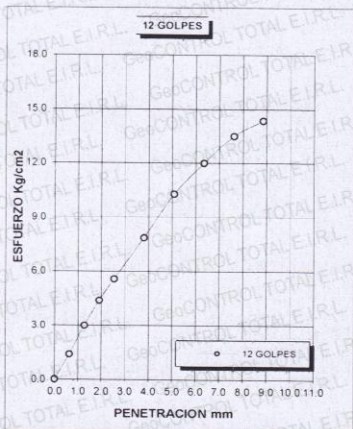
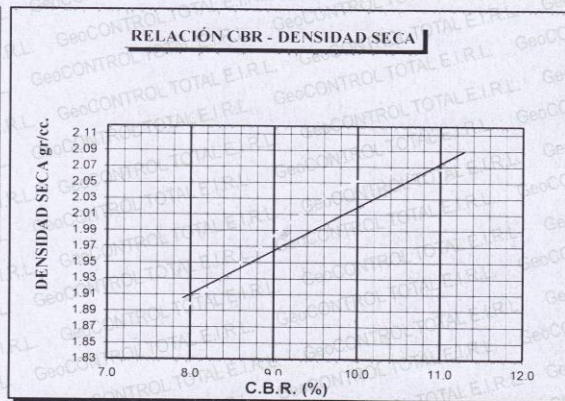
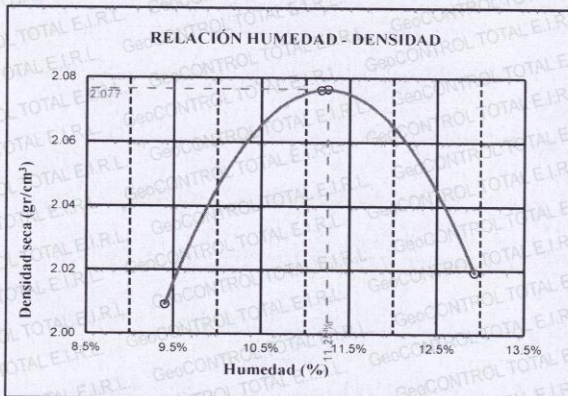
**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR**

CODIGO DE INFORME

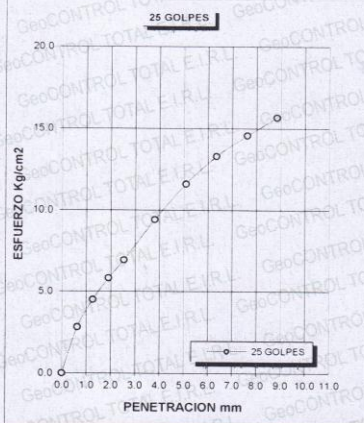
GCT-CBR-05

pagina 5 de 5

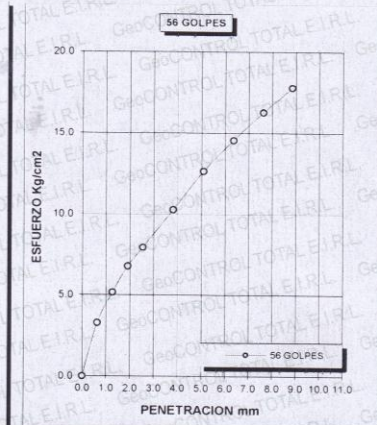
<b>PROYECTO :</b> "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DELSUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN - PUNO"	<b>METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE :</b> BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)</b> 2.077
<b>MATERIAL :</b> CARRETERA JULIACA - MANAZO	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 11.25%
<b>PROPIETARIO :</b> C - 1	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 11.0
<b>CANTERA :</b> TERRENO NATURAL	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 9.1
	<b>SUCS</b> ML
	<b>AASHTO</b> A-4 (3)
	<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS



CBR 8



CBR 10



CBR 11

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



**Raul Miranda Quintanilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 121400

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000160



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612676

INFORME DE ENSAYO

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

ASTM D422

CODIGO DE INFORME

GCT-AG-019

pagina 1 de 4

**PROYECTO:** "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"

**SOLICITANTE:** BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ

**F. SOLICITUD:** 23/09/2017

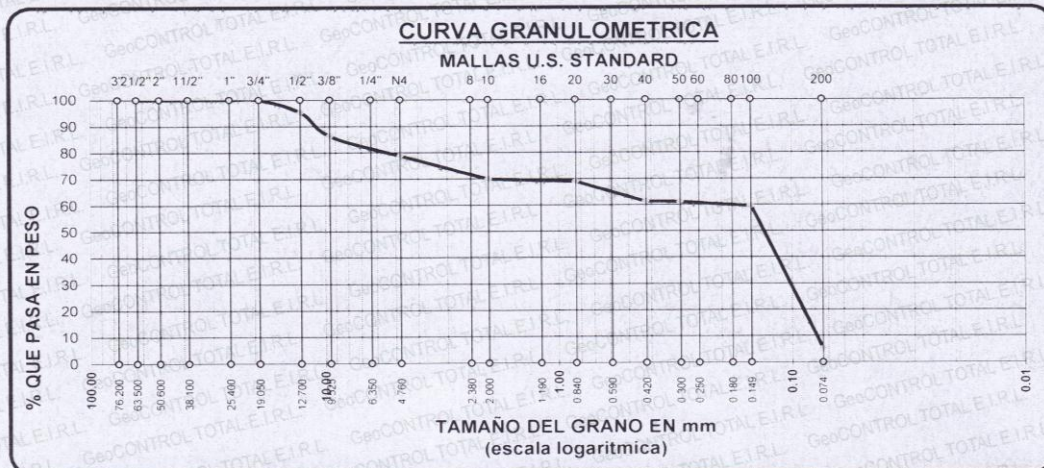
**UBICACION:** CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

**F. EJECUCION:** 25/09/2017

**CALICATA:** C - 1

**ENSAYADO EN:** LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		P.I.= 3500.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 3467.60
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 32.40
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L.= NP
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= NP
1/2"	12.700	165.00	4.71	4.71	95.29	60-100	I.P.= NP
3/8"	9.525	316.00	9.03	13.74	86.26		CARACT. GRANULOMETRICAS:
1/4"	6.350						D10= 0.081 Cu= 2.45
No4	4.760	261.00	7.46	21.20	78.80	50-85	D30= 0.108 Cc= 0.73
No8	2.380						D60= 0.20
No10	2.000	56.50	11.30	30.10	69.90	40-70	CLASIFICACION:
No16	1.190						I.G. = -----
No20	0.840	5.90	1.18	31.03	68.97		OBSERVACIONES:
No30	0.590						
No40	0.420	48.90	9.78	38.74	61.26		
No50	0.300	1.00	0.20	38.90	61.10		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	10.30	2.06	40.52	59.48		
No200	0.074	345.00	69.00	94.89	5.11		
<b>BASE</b>		32.40	6.48	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		3500.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.93					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUE PUESTA Y ETIQUETADA POR EL SOLICITANTE



Raul Miranda Quintanilla  
**INGENIERO CIVIL**  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. Nº 131489

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000161



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

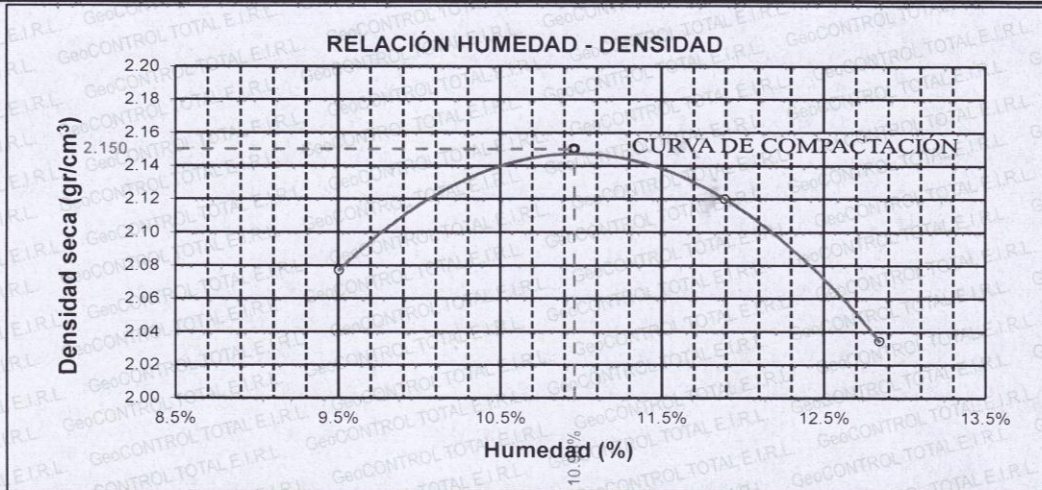
RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**  
 ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

CODIGO DE INFORME  
**GCT-PM-09**  
 pagina 2 de 4

**PROYECTO** : "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"  
**SOLICITANTE** : BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ  
**UBICACIÓN** : CARRETERA JULIACA - MAÑAZO  
**CALICATA** : C - 1  
**F. SOLICITUD**: 23/09/2017  
**F. EJECUCION**: 25/09/2017  
 ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

<b>MOLDE No</b>	:	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	:	900 cm3			
<b>No DE CAPAS</b>	:	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	:	56 golpes			
<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	6196	6284	6215	/			
<b>Peso del Molde</b>	gr.	4149	4149	4149				
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr/cm3	2047	2135	2066				
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm3	2.274	2.372	2.296				
<b>Capsula No</b>	No	18	45	415	9	447	75	/
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	161.79	160.18	180.87	200.87	190.14	208.00	
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	150.36	147.64	163.77	182.34	171.12	186.93	
<b>Peso del Agua</b>	gr.	11.43	12.54	17.10	18.53	19.02	21.07	
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	22.66	22.99	23.10	22.93	22.85	23.03	
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	127.70	124.65	140.67	159.41	148.27	163.90	
<b>% de Humedad</b>	%	8.95%	10.06%	12.16%	11.62%	12.83%	12.86%	
<b>Promedio de Humedad</b>	%	9.51%		11.89%		12.84%		
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	2.077		2.120		2.034		
<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"			<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	:	2.150 gr/cm3		
			<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	:	10.96%			



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

*Raul Miranda Quintanilla*  
**Raul Miranda Quintanilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000162



# LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

CODIGO DE INFORME  
GCT-CBR-06

pagina 3 de 4

## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN - PUNO  
SOLICITANTE : BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ  
UBICACION : CARRETERA JULIACA - MAÑAZO  
CALICATA : C - 1  
CANTERA : TERRENO NATURAL Y LADRILLO

F. SOLICITUD: 23/09/2017  
F. EJECUCION: 25/09/2017  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

CONDICIONES DE LA MUESTRA	184		174		182						
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR					
MOLDE No	184		174		182						
No DE CAPAS	5		5		5						
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56						
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13105	12980	13392	13352	13596	13512				
Peso del Molde	gr.	8438	8438	8469	8469	8401	8401				
Peso del Suelo Humedo	gr.	4667	4542	4923	4883	5195	5111				
Volumen del Suelo	cc.	2121.38	2121.38	2116.77	2116.77	2122.34	2122.34				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.200	2.141	2.326	2.307	2.448	2.408				
Capsula No	No	49	17	449	47	3	19	100	18	4	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	182.02	185.25	210.66	169.05	169.14	216.05	194.75	176.26	200.80	
Peso del Agua	gr.	161.80	164.94	191.59	150.99	153.15	197.95	174.78	158.52	181.99	
Peso de la Capsula	gr.	20.22	20.31	19.07	18.05	15.99	18.10	19.97	17.74	18.81	
Peso del Suelo Seco	gr.	23.44	22.93	23.32	23.09	23.33	23.43	22.85	23.10	22.54	
% de Humedad	%	14.61%	14.30%	11.33%	14.12%	12.32%	10.37%	13.14%	13.10%	11.80%	
Promedio de Humedad	%	14.46%		11.33%		13.22%		10.37%		13.12%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.922		1.923		2.054		2.090		2.154	

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Expansion			Expansion			Expansion		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
03/10/2017	02:40 p.m.	0	198.00	0.00	0	419.00	0	0	316.00	0	0
04/10/2017	02:40 p.m.	24:00:00	213.00	0.38	0.33	432.00	0.33	0.28	321.00	0.13	0.11
05/10/2017	02:40 p.m.	48:00:00	215.00	0.43	0.37	435.00	0.41	0.35	322.00	0.15	0.13
06/10/2017	02:40 p.m.	72:00:00	215.00	0.43	0.37	435.00	0.41	0.35	324.00	0.20	0.17
07/10/2017	02:40 p.m.	96:00:00	216.00	0.46	0.39	436.00	0.43	0.37	325.00	0.23	0.20

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No 184				MOLDE No 174				MOLDE No 182			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00
0.63	00:30		35.03	1.8		62.60	3.2		74.80	3.8		74.80	3.8	
1.27	01:00		74.86	3.8		105.60	5.3		123.00	6.2		123.00	6.2	
1.91	01:30		107.50	5.4		138.00	7.0		152.00	7.7		152.00	7.7	
2.54	02:00	70.31	150.45	7.6		160.70	8.1		186.00	9.4		186.00	9.4	
3.81	03:00		207.30	10.5		199.00	10.1		237.00	12.0		237.00	12.0	
5.09	04:00	105.00	246.39	12.5		237.20	12.0		281.50	14.2		281.50	14.2	
6.35	05:00		278.04	14.1		268.00	13.5		309.20	15.6		309.20	15.6	
7.62	06:00		296.61	15.0		297.00	15.0		343.00	17.3		343.00	17.3	
8.84	07:00		315.11	15.9		325.00	16.4		374.00	18.9		374.00	18.9	
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Raul Miranda Quintanilla  
INGENIERO CIVIL  
Colegio de Ingenieros del Peru Reg. N° 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

000163



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

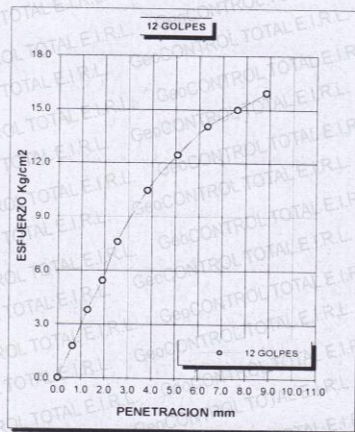
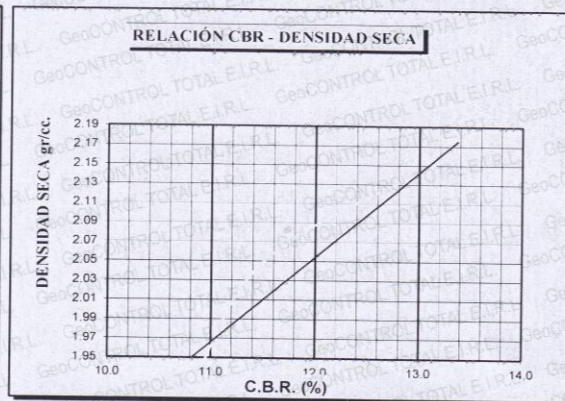
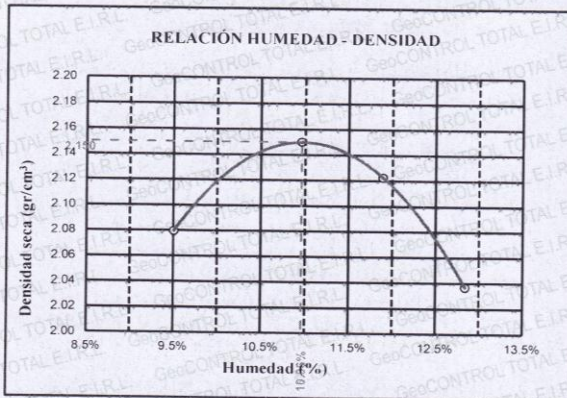
INFORME DE ENSAYO  
**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR**

CODIGO DE INFORME

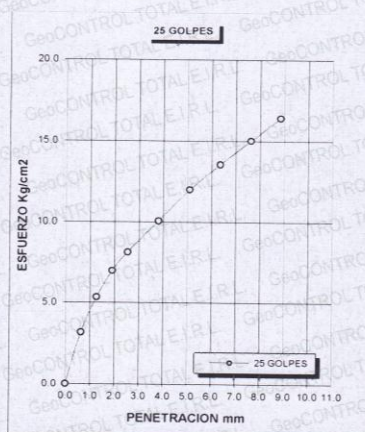
GCT-CBR-06

pagina 4 de 4

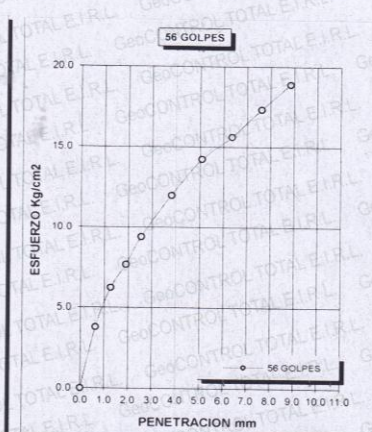
<p><b>PROYECTO :</b> "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"</p> <p><b>SOLICITANTE :</b> BACH. JIMMY ELOY GONZALES ORTIZ</p> <p><b>MATERIAL :</b> CARRETERA JULIACA - MAÑAZO</p> <p><b>PROPIETARIO :</b> C - 1</p> <p><b>CANTERA :</b> TERRENO NATURAL Y LADRILLO</p>	<p><b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b></p> <p><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)</b> 2.150</p> <p><b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 10.96%</p> <p><b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 13.2</p> <p><b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 11.9</p> <p><b>SUCS</b></p> <p><b>AASHTO</b></p> <p><b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS</p>
---	---



CBR 11



CBR 12



CBR 13

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON ETIQUETADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

*Raul Miranda Quintanilla*  
**Raul Miranda Quintanilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú Reg. N° 131490

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

000164

## **ANEXOS**

### **Anexo 3 Tablas y Clasificación de Suelos**



CBR	CLASIFICACION
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
10 - 20	Subrasante regular a buena
20 - 30	Subrasante muy buena
30 - 50	Sub.base buena
50 - 80	Base buena
80 - 1000	Base muy buena

Clasificación de suelos de acuerdo al CBR

### CLASIFICACION CBR

CBR	CALIFICACION GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACION	
			UNIFICADO	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	pobre a regular	subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	regular	sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	bueno	base, sub-base	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	excelente	base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos

### SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.	NO PLÁSTICO	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)  
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6  
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

### SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION				
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	Clasificación basada en el porcentaje de finos Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 GP, SW, SP Mas del 12% pasa por el tamiz No. 200 GM, GC, SM, SC (5% a 12% pasa por el tamiz No. 200) Para clasificación de frontera se necesitan símbolos dobles	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3			
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos		Si los criterios para GW no se cumplen			
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo		Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4.	Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla		Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.			
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	Clasificación basada en el porcentaje de finos Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 GP, SW, SP Mas del 12% pasa por el tamiz No. 200 GM, GC, SM, SC (5% a 12% pasa por el tamiz No. 200) Para clasificación de frontera se necesitan símbolos dobles	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3		
			SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos		Si no se cumplen los criterios para SW		
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo		Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4.	Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.		
			ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas		<b>GRAFICO DE PLASTICIDAD</b> Para la clasificación de los suelos finos y de la fracción fina de los suelos granulares Los límites de Atterberg situados en el área sombreada corresponden a la clasificación de frontera y requieren símbolos dobles Ecuación de la línea A: $IP = 0.73 ILL - 20$		
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla				
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad							
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido 50% o inferior	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos					
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas					
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media					
		PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488				

## **ANEXOS**

### **Anexo 4 Matriz de Consistencia**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**  
**COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN, PUNO – 2017.**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál será el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017?.</p> <p><b>Problema específico:</b> ¿Cuál será la humedad optima del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.</p> <p>¿Cómo será el proctor modificado del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.</p> <p>¿Cuánto será el CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Analizar el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017.</p> <p><b>Objetivo específico:</b> Determinar la humedad optima del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román?.</p> <p>Determinar el proctor modificado del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.</p> <p>Determinar el CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> Las propiedades mecánicas del suelo mejora significativamente con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román – Puno 2017.</p> <p><b>Hipótesis específica:</b> El porcentaje de la humedad óptima del suelo disminuye con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román.</p> <p>El proctor modificado del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, es el método “C” debido a que el material utilizado las partículas pasaran el tamiz 19.0 mm (¾ pulgadas).</p> <p>El CBR (California Bearing Ratio) del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado), en la carretera Juliaca – Mañazo, perteneciente a la Provincia de San Román, aumentara su máxima densidad seca en porcentajes.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</b> Desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b> Propiedades mecánicas del suelo.</p>	<p>Porcentaje de desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).</p> <p>– Humedad Óptima. – Limite líquido. – Limite plástico. – Índice de plasticidad.</p> <p>Proctor Modificado.</p> <p>(CBR) California Bearing Ratio.</p>	<p>– 20% desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada (ladrillo mecanizado).</p> <p>– SUCS – AASHTO</p> <p>– Método A, B y C.</p> <p>Máxima densidad seca en porcentajes al 100% del CBR.</p>	<p><b>MÉTODO:</b> Deductivo <b>POBLACIÓN:</b> Muestras de Carretera Juliaca – Mañazo, pertenecient e a la Provincia de San Roman. <b>MUESTRA:</b> Calicata <b>TÉCNICAS:</b> Ensayos de laboratorio <b>INSTRUMENTOS:</b> Certificacion es de laboratorio <b>PROCEDIMIENTO</b> ANOVA</p>