



# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

INFLUENCIA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADO  
DE CERRO Y DE RÍO EN LA CAPACIDAD DE  
SOPORTE DE UN AFIRMADO

**Autor:**

Vargas Alvarez Frank Dario

**Asesor:**

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca – Perú

2017

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1. Realidad problemática .....	15
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos .....	18
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	18
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	18
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1. Antecedentes .....	19
2.2. Bases Teóricas .....	20
2.2.1. <i>Generalidades</i> .....	20
2.2.2. <i>Requerimiento para un afirmado</i> .....	23
2.2.3. <i>Ensayos que determinan las propiedades</i> .....	28
2.2.3.1. Desgaste de los Ángeles .....	28
2.2.3.2. Contenido de humedad (Norma NTP 339.160 - 2001).....	29
2.2.3.3. Granulometría (NTP 339.128 – 1999) .....	30
2.2.3.4. Plasticidad y Límites de consistencia o de Atterberg (NTP 339.129 – 1999) .....	30
2.2.3.5. Proctor modificado (NTP 339.141 – 1999) .....	32
2.2.3.6. Prueba de CBR .....	34
2.3. Definición de términos básicos .....	35
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>36</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	36
3.2. Operacionalización de variables .....	36

<b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	37
4.2. Material.....	37
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> .....	37
4.2.2. <i>Población</i> .....	37
4.2.3. <i>Muestra</i> .....	37
4.3. Métodos.....	39
4.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i> .....	39
4.3.2. <i>Procedimientos</i> .....	39
<b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>106</b>
<b>CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>111</b>
<b>CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>112</b>
<b>CAPÍTULO 10. REFERENCIAS .....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO N° 1.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO N° 2.....</b>	<b>127</b>
<b>FICHAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACION PARA DATOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS .....</b>	<b>127</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Cuadro de doble entrada, tipo y afirmado y granulometría % que pasa.....	24
<b>Tabla N° 2:</b> Gradación del material de afirmado .....	26
<b>Tabla N° 3:</b> Gradación del material de afirmado .....	27
<b>Tabla N° 4:</b> Condiciones variables del proctor modificado.....	33
<b>Tabla N° 5:</b> Operacionalización de variable .....	36
<b>Tabla N° 6:</b> Recolección de datos .....	39
<b>Tabla N° 7:</b> Resultados del contenido de humedad de la cantera del río Chonta .....	55
<b>Tabla N° 8:</b> Resultados del contenido de humedad de la cantera del Bazán. ....	55
<b>Tabla N° 9:</b> Resultados del análisis granulométrico de la cantera del río Chonta. ....	56
<b>Tabla N° 10:</b> Resultados del análisis granulométrico de la cantera Bazán.....	58
<b>Tabla N° 11:</b> Resultados del análisis granulométrico de la combinación de agregados (75% - 25%) .....	60
<b>Tabla N° 12:</b> Resultados del análisis granulométrico de la combinación de agregados (50% - 50%) .....	62
<b>Tabla N° 13:</b> Resultados del análisis granulométrico de la combinación de agregados (25% - 75%) .....	64
<b>Tabla N° 14:</b> Resultados del límite líquido, límite plástico de la cantera del río Chonta .....	66
<b>Tabla N° 15:</b> Resultados del límite líquido, límite plástico de la cantera Bazán .....	67
<b>Tabla N° 16:</b> Resultados del límite líquido, límite plástico del material combinado (75% -25%)....	68
<b>Tabla N° 17:</b> Resultados del límite líquido, límite plástico del material combinado (50% -50%)....	69
<b>Tabla N° 18:</b> Resultados del límite líquido, límite plástico del material combinado (25% -75%)....	70
<b>Tabla N° 19:</b> Resultados del ensayo de proctor modificado del material de la cantera del río Chonta.....	71
<b>Tabla N° 20:</b> Resultados del ensayo de proctor modificado del material de cantera de cerro Bazán .....	73
<b>Tabla N° 21:</b> Resultados del ensayo de proctor modificado del material combinado.....	75

<b>Tabla N° 22:</b> Resultados del ensayo de proctor modificado del material combinado (Canteras río Chonta (50%) y Bazán (50%)).	77
<b>Tabla N° 23:</b> Resultados del ensayo de proctor modificado del material combinado (Canteras Río chonta (25%) y Bazán (75%)).	79
<b>Tabla N° 24:</b> Resultados del ensayo de compactación de CBR del material de río Chonta.	81
<b>Tabla N° 25:</b> Resultados del ensayo de hinchamiento del material de río Chonta.	82
<b>Tabla N° 26:</b> Resultados del ensayo de carga – penetración del material de río Chonta.	83
<b>Tabla N° 27:</b> Resultados del ensayo esfuerzo entre 0.1” y 0.2” de penetración del material de río Chonta.	84
<b>Tabla 28:</b> Resultados del ensayo CBR – densidad seca del material de río Chonta.	85
<b>Tabla N° 29:</b> Resultados del ensayo de compactación de CBR del material de cerro Bazán.	86
<b>Tabla N° 30:</b> Resultados del ensayo de hinchamiento del material de cerro Bazán.	87
<b>Tabla N° 31:</b> Resultados del ensayo de carga – penetración del material de cerro Bazán.	88
<b>Tabla N° 32:</b> Resultados del ensayo esfuerzo entre 0.1” y 0.2” de penetración del material de cerro Bazán.	89
<b>Tabla N° 33:</b> Resultados del ensayo CBR – densidad seca del material de cerro Bazán.	90
<b>Tabla N° 34:</b> Resultados del ensayo de compactación de CBR del material combinado (75% - 25%).	91
<b>Tabla N° 35:</b> Resultados del ensayo de hinchamiento del material combinado (75% - 25%).	92
<b>Tabla N° 36:</b> Resultados del ensayo de carga – penetración del material combinado (75% - 25%).	93
<b>Tabla N° 37:</b> Resultados del ensayo esfuerzo entre 0.1” y 0.2” de penetración del material combinado (75% - 25%).	94
<b>Tabla N° 38:</b> Resultados del ensayo CBR – densidad seca del material combinado (75%-25%).	95
<b>Tabla N° 39:</b> Resultados del ensayo de compactación de CBR del material combinado (50% - 50%).	96
<b>Tabla N° 40:</b> Resultados del ensayo de hinchamiento del material combinado (50% - 50%).	97
<b>Tabla N° 41:</b> Resultados del ensayo de carga – penetración del material combinado (50% - 50%).	98

<b>Tabla N° 42:</b> Resultados del ensayo esfuerzo entre 0.1" y 0.2" de penetración del material combinado (50% - 50%).	99
<b>Tabla N° 43:</b> Resultados del ensayo CBR – densidad seca del material combinado (50% - 50%).	100
<b>Tabla N° 44:</b> Resultados del ensayo de compactación de CBR del material combinado (25% - 75%).	101
<b>Tabla N° 45:</b> Resultados del ensayo de hinchamiento del material combinado (25% - 75%).	102
<b>Tabla N° 46:</b> Resultados del ensayo de carga – penetración del material combinado (25% - 75%).	103
<b>Tabla N° 47:</b> Resultados del ensayo esfuerzo entre 0.1" y 0.2" de penetración del material combinado (25% - 75%).	104
<b>Tabla N° 48:</b> Resultados del ensayo CBR – densidad seca del material combinado (25%-75%).	105
<b>Tabla N° 49:</b> Resultados del límite líquido de las canteras y de las combinaciones.	106
<b>Tabla N° 50:</b> Resultados del ensayo de compactación del material de cada cantera y del combinado.	107
<b>Tabla N° 51:</b> Resultados del ensayo de CBR del material combinado, a 0.1" penetración.	109

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 1:</b> Curva granulométrica de la cantera del río Chonta .....	57
<b>Gráfico N° 2:</b> Curva granulométrica de la cantera Bazán.....	59
<b>Gráfico N° 3:</b> Curva granulométrica del material combinado (75% - 25%) .....	61
<b>Gráfico N° 4:</b> Curva granulométrica del material combinado (50% - 50%) .....	63
<b>Gráfico N° 5:</b> Curva granulométrica del material combinado (25% - 75%) .....	65
<b>Gráfico N° 6:</b> Gráfico del límite líquido del río Chonta .....	66
<b>Gráfico N° 7:</b> Gráfico del límite líquido de la cantera Bazán.....	67
<b>Gráfico N° 8:</b> Grafico del límite líquido del material combinado (75% - 25%) .....	68
<b>Gráfico N° 9:</b> Gráfico del límite líquido del material combinado (50% - 50%) .....	69
<b>Gráfico N° 10:</b> Gráfico del límite líquido del material combinado (25% - 75%) .....	70
<b>Gráfico N° 11:</b> Curva de compactación del material de la cantera del río Chonta .....	72
<b>Gráfico N° 12:</b> Curva de compactación del material cantera Bazán.....	74
<b>Gráfico N° 13:</b> Curva de compactación del material combinado (25% - 75%) .....	76
<b>Gráfico N° 14:</b> Curva de compactación del material combinado (50% - 50%) .....	78
<b>Gráfico N° 15:</b> Curva de compactación del material combinado (25% - 75%) .....	80
<b>Gráfico N° 16:</b> Curva esfuerzo – deformación del material de río Chonta. ....	84
<b>Gráfico N° 17:</b> Curva CBR – densidad seca del material de río Chonta. ....	85
<b>Gráfico N° 18:</b> Curva esfuerzo – deformación del material de cerro Bazán.....	89
<b>Gráfico N° 19:</b> Curva CBR –densidad seca del material de cerro Bazán.....	90
<b>Grafico N° 20:</b> Curva esfuerzo – deformación del material combinado (75%-25%).....	94
<b>Gráfico N° 21:</b> Curva CBR – densidad seca del material combinado ((75%-25%). ....	95
<b>Gráfico N° 22:</b> Curva esfuerzo – deformación del material combinado (50% - 50%).....	99
<b>Gráfico N° 23:</b> Curva CBR – densidad seca del material combinado (50% - 50%). ....	100
<b>Gráfico N° 24:</b> Curva esfuerzo – deformación del material combinado (25% - 75%).....	104
<b>Gráfico N° 25:</b> Curva CBR – densidad seca del material combinado (25%-75%). ....	105

<b>Gráfico N° 26:</b> Comparación de la densidad seca del material de cada cantera y del combinado.	108
<b>Gráfico N° 27:</b> Comparación del óptimo contenido de humedad del material de cada cantera y del material combinado	108
<b>Gráfico N° 28:</b> Comparación del CBR de 0.1" de penetración del material combinado	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Carretera afirmada	15
<b>Figura N° 2:</b> Carretera afirmada deteriorada	16
<b>Figura N° 3:</b> Afirmado mal elaborado	16
<b>Figura N° 4:</b> Máquina de los ángeles	28
<b>Figura N° 5:</b> Copa Casagrande	31
<b>Figura N° 6:</b> Cantera Chonta	43
<b>Figura N° 7:</b> Cantera Bazán	44

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía N° 1:</b> Selección del material de agregado de la cantera Bazán junto a mi asesor	116
<b>Fotografía N° 2:</b> Selección del material de agregado de la cantera río Chonta	116
<b>Fotografía N° 3:</b> Muestras para obtener el contenido de humedad	117
<b>Fotografía N° 4:</b> Muestras dejadas en el horno para obtener el contenido de humedad	117
<b>Fotografía N° 5:</b> Material secado al sol	118
<b>Fotografía N° 6:</b> Mallas estándar para el ensayo de granulometría	118
<b>Fotografía N° 7:</b> Análisis granulométrico	119
<b>Fotografía N° 8:</b> Ensayo de límite líquido	119
<b>Fotografía N° 9:</b> Ensayo de abrasión	120
<b>Fotografía N° 10:</b> Combinación del material de distintas canteras	120
<b>Fotografía N° 11:</b> Preparación del material para el ensayo de compactación	121
<b>Fotografía N° 12:</b> Ensayo de próctor	122
<b>Fotografía N° 13:</b> Análisis de las muestras de próctor	123



<b>Fotografía N° 14:</b> Verificando el óptimo contenido de humedad hallado en el próctor .....	124
<b>Fotografía N° 15:</b> Obteniendo los datos de las probetas para el ensayo de CBR .....	124
<b>Fotografía N° 16:</b> Ensayo de compactación de CBR .....	125
<b>Fotografía N° 17:</b> Ensayo de penetración CBR.....	125
<b>Fotografía N° 18:</b> Toma de datos CBR (Penetración).....	126
<b>Fotografía N° 19:</b> Ensayo de Penetración CBR supervisado por el asesor de tesis Ing. Cubas .	126

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo principal determinar la influencia de la combinación de agregado de río y de cerro en la capacidad de soporte de un afirmado, utilizándose para ello 3 combinaciones de agregado de río y agregado de cerro correspondientes a los siguientes porcentajes del 75%/25%, 50%/50%, 25%/75% respectivamente. La investigación se realizó usando agregados de río extraído de la cantera Chonta y agregados de cerro extraído de la cantera Bazán, de los cuales se analizaron sus propiedades físicas y mecánicas dentro de ellas el contenido de humedad, abrasión, granulometría, límites de Atterberg, compactación y CBR; posteriormente se realizaron las combinaciones propuestas de agregado de río y de cerro de las canteras seleccionadas analizándose también sus propiedades físicas y mecánicas dentro de ellas límites de Atterberg, compactación, y CBR. Al procesar los datos de los diferentes ensayos realizados se obtiene que: el agregado de la cantera de río (Chonta) tuvo un CBR de 15% y el agregado de la cantera de cerro (Bazán) tuvo un CBR de 22%, la combinación de: agregado de río / agregado de cerro, para una proporción 75%/25% se obtuvo un CBR 110%, para la proporción 50%/50% se obtuvo un CBR de 55% y para la proporción 25%/75% se obtuvo un CBR de 75%. De los datos obtenidos se puede concluir que ninguna de las canteras cumple con los requisitos mínimos de diseño de afirmado según el Manual de carreteras 2013, mientras que las 3 combinaciones cumplen con lo requerido, indicándose que la proporción 75%/25% tuvo la mejor capacidad de soporte (CBR).

## ABSTRACT

The main objective of the present investigation is to determine the influence of the combination of river and hill aggregate on the support capacity of a firm, using 3 combinations of river aggregate and hill aggregate corresponding to the following percentages of 75% / 25%, 50% / 50%, 25% / 75% respectively. The research was carried out using river aggregates extracted from the Chonta quarry and the aggregates of hills extracted from the Bazán quarry, from which their physical and mechanical properties were analyzed within them the moisture content, abrasion, granulometry, Atterberg limits, compaction And CBR; Later the proposed combinations of river and hill aggregates of the selected quarries were realized, also analyzing their physical and mechanical properties within them limits of Atterberg, compaction, and CBR. When the data of the different tests were processed, it was obtained that: the aggregate of the riverbed (Chonta) had a CBR of 15% and the aggregate of the hill of Bazán had a CBR of 22%, the combination of : River aggregate / hill aggregate, for a ratio of 75% / 25% a CBR 110% was obtained, for the 50% / 50% ratio a CBR of 55% was obtained and for the proportion 25% / 75% was obtained A CBR of 75%. From the data obtained it is possible to conclude that none of the quarries meet the minimum requirements of design of affirmed according to the Road Manual 2013, while the 3 combinations comply with what is required, indicating that the ratio 75% / 25% has the best Carrying capacity (CBR).

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## CAPÍTULO 10. REFERENCIAS

1. Blázquez, L. B. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto*. Colombia: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
2. Carrión, B. K. (2016). *Capacidad portante (CBR) de un suelo al ser utilizado como material de base adicionando diatomita, Cajamarca 2016*. Cajamarca.
3. García, G. A. (2015). *Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca 2015*. Cajamarca.
4. GRC. (2017). *Gobierno Regional de Cajamarca*. Recuperado el 23 de 10 de 2016, de Gobierno Regional de Cajamarca: <http://www.regioncajamarca.gob.pe/noticias/carreteras-para-integraci-n-de-los-pueblos>
5. Gutiérrez, C. A. (2010). "Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el peru y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio". en c. a. Montes, "*estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio*" (págs. 13-15). Lima.
6. Inquilla, G. (12 de Agosto de 2015). *NoticiasSer.pe*. En línea: el 4 de Mayo de 2017, de NoticiasSer.pe: <http://www.noticiasser.pe/12/08/2015/puno/puno-el-collao-amenaza-con-huelga-indefinida-si-no-dan-viabilidad-proyectos-de-infra>
7. Luna, T. S., Hermenejildo, S., Zurita, J. G., & Cadena, G. P. (2011). *Caracterización de los áridos del río Dos Mangas y cantera de cerro el Tablazo de la provincia de Santa Elena para utilizarlo como material de construcción*. Guayaquil: Facultad de Ingeniería en ciencias de la tierra.
8. MTC. (2005). Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. En MTC, *Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito* (págs. 133-162). Lima: Dirección general de caminos y ferrocarriles DGCF.
9. MTC. (2013). *Manual de carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"*. Lima.
10. MTC. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*.
11. Murillo, V. E. (2010). *Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño*. Cuenca: Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería.

12. Padilla, R. A. (2007). *Diseño racional de pavimentos*. Lima.
13. Rodríguez, A. R., & Castillo, H. D. (2005). *La Ingeniería de Suelos en las vías terrestres*. México.
14. Valle, A. W. (2010). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.