

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EFFECTO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMO  
ESTABILIZANTE DEL MATERIAL GRANULAR DE LA  
CANTERA EL GUITARRERO PARA BASES DE PAVIMENTOS  
RÍGIDOS**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por la Bachiller:**

**ROSMERY SARITA HERRERA ROJAS**

**Asesora**

**Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón**

**Cajamarca, diciembre de 2014**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida y la oportunidad de desarrollar y culminar este proyecto de investigación, obteniendo conocimiento que es el tesoro más preciado.

Agradecimiento especial a la Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón, asesora de la investigación, quien me ha brindado su apoyo, conocimientos, dedicación y orientación, contribuyendo a la culminación de este proyecto.

Un especial agradecimiento y gratitud a la empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL., por brindarme su orientación, apoyo y colaboración con las instalaciones de su laboratorio de suelos, durante la realización de este proyecto de investigación.

A mis amigos que incondicional y desinteresadamente, me brindaron su apoyo, tiempo, ánimos y consejos en el desarrollo de este proyecto.

Rosmery

## DEDICATORIA

La realización de este proyecto de investigación, así como de todos logros alcanzados hasta ahora, únicamente no ha sido mía sino también de mi familia. Por cuanto dedico este logro a mi familia; quienes han sido mi motivación y apoyo incondicional, brindándome su fortaleza y confianza en el desarrollo de esta investigación.

A mi madre Mery, por el ejemplo de fortaleza, decisión y fe; llena de sabiduría al inculcarme una vida de valores y principios que han sido la base para ser cada día mejor. A mi padre Juanito, una persona que ha demostrado que con esfuerzo y empeño todo se puede lograr; quien me ha orientado y guiado en el estudio de esta carrera, brindándome sus sabios consejos en momentos de desaliento.

A mis hermanos, Jenny y Leonard; mis cómplices, motivos, quienes me han comprendido y apoyado con sus consejos y palabras de aliento en todo momento, convirtiendo esta etapa en agradables momentos. A mi sobrina Alexandra, quien con sus ocurrencias e inocencia me hace la vida más dulce y divertida.

Rosmery

## CONTENIDO

Agradecimiento	i
Dedicatoria	ii
Contenido	iii
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Justificación	3
1.5. Delimitaciones	3
1.6. Limitaciones	4
1.7. Objetivos	4
1.8. Hipótesis	4
1.9. Variables	4
1.10. Estructura	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teórico	6
2.1.1. A nivel internacional	6
2.1.2. A nivel nacional	7

2.1.3. A nivel local	7
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Pavimentos rígidos	8
A. Estructura de pavimentos rígidos	9
Sub rasante	9
Base	10
Losa de concreto	15
2.2.2. Estabilización de suelos	15
A. Propiedades del suelo a mejorar	17
Estabilidad volumétrica	17
Resistencia	17
Permeabilidad	18
Compresibilidad	18
Durabilidad	19
B. Ventajas de estabilización de suelos	19
Medioambientales	20
Técnicas	20
Económicas	21
C. Tipos de estabilización de suelos	22
Estabilización mecánica	22
Estabilización física	25
Estabilización química	26
2.2.3. Estabilización suelo cemento	33
A. Aplicaciones de suelo cemento	37
B. Bases estabilizadas con cemento	39
C. Proceso de estabilización con cemento	40
2.2.4. Cemento Portland Tipo I	41
2.3. Definición de términos básicos	44

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación	46
3.2. Procedimientos	46
3.2.1. Procedimiento de la investigación	46
3.2.2. Técnicas de recolección de datos	47
3.2.3. Equipos e instrumentos de medición	49
3.3. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados	50
3.3.1. Tipo de investigación	50
3.3.2. Diseño de investigación	51
3.3.3. Muestra de la investigación	53
3.3.4. Unidad de análisis	54
3.3.5. Tratamiento y análisis de datos	54
3.3.6. Presentación de resultados	56

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la investigación	57
4.2. Discusión de resultados	61
4.3. Contrastación de hipótesis	67

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones	68

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía	70
Normas citadas	70
Tesis citadas	71
Sitios web	71

## ANEXOS

Ensayos de suelos	74
Material suplementario	101
Especificaciones técnicas del Cemento Portland Tipo I	102
Ubicación de la cantera	103
Certificado del Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos de la empresa Hnos. Urteaga Contratista SRL	104
Certificado del Laboratorio de Ensayos de Materiales	105
Certificados de calibración de equipos	106
Panel fotográfico	126

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos granulométricos para sub base granular	14
Tabla 2: Requerimientos del material granular para sub base granular	15
Tabla 3: Prueba de compactación Próctor Estándar y Próctor Modificado ASTM	24
Tabla 4: Prueba de compactación Próctor Estándar y Próctor Modificado AASHTO	25
Tabla 5: Condiciones de efectividad de los agentes estabilizadores	27
Tabla 6: Contenido de asfalto para estabilizar	31
Tabla 7: Tipos de estabilización	32
Tabla 8: Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento	36
Tabla 9: Clasificación de suelos AASHTO	36
Tabla 10: Requisitos físicos estándares para cementos Portland Tipo I	43
Tabla 11: Requisitos químicos estándares para cementos Portland Tipo I	43
Tabla 12: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
Tabla 13: Tipificación del proyecto de investigación	51
Tabla 14: Variables, niveles de las variables y tratamientos es estudio	52
Tabla 15: Matriz experimental de diseño y niveles de las variables en estudio	52
Tabla 16: Clasificación de suelo y propiedades físicas del material granular en estado natural	58
Tabla 17: Límites de consistencia del material granular con Cemento Portland Tipo I en 1%	58
Tabla 18: Límites de consistencia del material granular con Cemento Portland Tipo I en 2% y 4%	59
Tabla 19: Propiedades mecánicas del material granular en estado natural	59
Tabla 20: Propiedades mecánicas del material granular con Cemento Portland Tipo I en 1%	60

Tabla 21: Propiedades mecánicas del material granular con Cemento Portland Tipo I en 2% y 4%

60

Tabla 22: Variación de las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero con adiciones de Cemento Portland Tipo I

61

Tabla 23: Efecto del Cemento Portland Tipo I en los límites de consistencia del material granular

62

Tabla 24: Efecto del Cemento Portland Tipo I en las propiedades mecánicas del material granular

63

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de un pavimento rígido	9
Figura 2: Erosión por bombeo	12
Figura 3: Contenido de cemento vs capa construida	30
Figura 4: Distribución de esfuerzos en bases granulares sin estabilizar y estabilizada	40
Figura 5: Diagrama del circuito experimental para la evaluación del efecto del Cemento Portland Tipo I en las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero	47
Figura 6: Ubicación de la cantera El Guitarrero	54
Figura 7: Curva granulométrica y gradación D	57
Figura 8: Efecto del Cemento Portland Tipo I en Límite líquido	62
Figura 9: Efecto del Cemento Portland Tipo I en la MDS	64
Figura 10: Efecto del Cemento Portland Tipo I en el contenido de humedad óptimo	65
Figura 11: Efecto del Cemento Portland Tipo I en el CBR al 100% de la MDS	66
Figura 12: Efecto del Cemento Portland Tipo I en el esponjamiento	67

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del cemento Portland Tipo I, como estabilizante en las propiedades físicas mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero para bases de pavimentos rígidos. El tipo de tratamiento empleado para el material granular, es flexible, con adiciones de cemento de 1%, 2% y 4% en peso del material granular. Para determinar las propiedades del material granular en estado natural y con la adición de cemento, se realizaron los ensayos: análisis granulométrico ASTM D 422, límite líquido ASTM D 4318, límite plástico ASTM D 4318, compactación ASTM D 1557, CBR ASTM D 1883 y abrasión ASTM C 131. El índice de plasticidad no presenta variación, por ser un suelo no plástico; la densidad seca máxima aumenta desde 2.20 gr/cm<sup>3</sup>, en estado natural, hasta 2.25 gr/cm<sup>3</sup>, al 4% de cemento adicionado; el contenido de humedad disminuye desde 5.90%, en estado natural, hasta 5.50%, al 4% de cemento adicionado y el valor relativo de soporte (CBR) aumenta desde 47.15%, en estado natural, hasta 663.80%, al 4% de cemento adicionado, con el 1% de cemento el CBR alcanza un valor de 144.43%, por esto, las adiciones mayores al 1% no son justificables. Con los resultados obtenidos, se concluye que la adición de cemento Portland Tipo I, mejora las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero, en función del porcentaje de Cemento adicionado.

**Palabras claves:** estabilizante, material granular, pavimento rígido, base de pavimento rígido.

## ABSTRACT

This research aims to evaluate the effect of Portland cement Type I, as a stabilizer in mechanical physical properties of granular material from the quarry The bases Guitarrero for rigid pavements. The type of treatment used for the granular material, is flexible, with additions of cement 1%, 2% and 4% by weight of the granular material. To determine the properties of granular material in nature and with the addition of cement tests were performed: sieve analysis ASTM D 422, ASTM D 4318 liquid limit, plastic limit ASTM D 4318, ASTM D 1557 compaction, CBR ASTM D 1883 and abrasion ASTM C 131. The plasticity index shows no change, not being a plastic floor; maximum dry density increases from 2.20 g / cm<sup>3</sup>, naturally, up to 2.25 g / cm<sup>3</sup>, 4% of blended cement; the moisture content decreases from 5.90%, as such, to 5.50%, 4% of blended cement and the relative value of support (CBR) increases from 47.15%, as such, to 663.80%, 4% cement supplemented with 1% cement the CBR reaches a value of 144.43%, therefore, the major additions to the 1% are not justifiable. With the results, it is concluded that the addition of Type I Portland cement, improves physical and mechanical properties of granular material from the quarry The Guitarrero, depending on the percentage of cement added.

**Key words:** stabilizer, granular material, rigid pavement, rigid pavement base.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Un pavimento es un conjunto de capas, las que están constituidas con materiales seleccionados de especificaciones técnicas mínimas, con el fin de garantizar un buen comportamiento estructural; es decir, todas las capas que conforman el pavimento deben soportar las sollicitaciones de cargas del tráfico, condiciones climáticas y calidad del suelo de fundación.

Una de las capas que conforma al pavimento rígido es la sub base, en esta investigación se denominará a esta capa, base, por ser aquella capa donde va ir apoyada la losa de concreto; es una capa de material granular que debe ser de buena calidad, especialmente en lo que concierne a plasticidad, granulometría y resistencia, para evitar la fluencia de los materiales fino con agua debido a la infiltración de ésta en las juntas, grietas y extremos del pavimento.

En zonas donde no se cuenta con materiales adecuados para la conformación de la capa base, de la estructura del pavimento, esto puede ser, no cumplan con las especificaciones técnicas mínimas requeridas o por estar cerca de estos límites; se tendrán en cuenta los métodos de estabilización de suelos, con la finalidad de obtener materiales de gran durabilidad, mayor capacidad de soporte que brinden mayores beneficios al comportamiento estructural del pavimento.

Esta investigación, tiene como finalidad determinar el efecto que tiene la adición de Cemento Portland Tipo I en porcentajes de 1%, 2% y 4% en peso, en las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera “el Guitarrero”, de donde generalmente se usa para la conformación de la capa base para pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El comportamiento de la estructura de un pavimento depende de la calidad de los materiales que lo conforman; es decir, las propiedades de los materiales, constituyen uno de los factores más importantes en el diseño estructural de un pavimento; para esto, se determina dichas propiedades, para verificar que cumplan con las especificaciones técnicas mínimas; para el Perú, estas especificaciones técnicas se detallan en el Manual de Carreteras EG-2013; para soportar las cargas del tráfico y factores ambientales a los que será sometido durante un determinado periodo de tiempo (Menéndez, 2013).

Céspedes (2002), indica que los problemas más frecuentes que presentan los pavimentos, son debidos al inadecuado comportamiento estructural del conjunto de capas que lo conforman, producto de la utilización de materiales inapropiados. Los daños estructurales de un pavimento rígido pueden ser: deformaciones, fisuras, desprendimientos, ascensos o exudaciones.

En la ciudad de Cajamarca, en los pavimentos rígidos existen los daños estructurales antes mencionados, ocasionando incomodidad en la transitabilidad e interrupciones del tráfico para su mantenimiento o reparación, las fallas estructurales se deben principalmente a la calidad del material utilizado, que en la mayoría de proyectos es de la cantera el Guitarrero, este material puede ser que no cumpla con las especificaciones técnicas mínimas o cumpla con valores mínimos.

Las fallas que tiene un pavimento rígido se puede evitar utilizando materiales de mejor calidad, que cumplan con las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG-2013, de manera apropiada y no estar bajo la línea de los requerimientos mínimos; una de estas posibles soluciones es mejorar las propiedades físico mecánicas del material granular con tratamientos químicos, como la incorporación de Cemento Portland Tipo I.

Se recurre a este tipo de tratamientos para garantizar la conservación de las vías de comunicación, pues el desarrollo de un país está directamente vinculado con las

mejoras y avances en sus medios de comunicación terrestres, con bajos costos de inversión y mantenimiento.

### 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto de la incorporación de cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera El Guitarrero para bases de pavimentos rígidos?

### 1.4. JUSTIFICACIÓN

La investigación se ha realizado con el afán de brindar una alternativa, para utilizar el material granular disponible en la ciudad de Cajamarca, para la conformación de la capa base, en la construcción de pavimentos rígidos; mejorando las propiedades físico mecánicas del material granular incorporando Cemento Portland Tipo I, con la dosificación indicada en la Norma Técnica Peruana CE.020. Estabilización de Suelos y Taludes.

Al mejorar las propiedades físico mecánicas del material granular de la capa base, de pavimentos rígidos, se mejora el comportamiento de la losa de concreto, evitando de esta manera las fisuras o deformaciones de la losa producidas por el tráfico y las condiciones climáticas; así mismo, la cantidad del material utilizado para la conformación de la base, disminuirá considerablemente, al lograr las especificaciones técnicas con un espesor menor, la disminución del espesor mitiga el impacto al medio ambiente, al extraer menor cantidad de recursos renovables.

### 1.5. DELIMITACIONES

La investigación evaluó el efecto que tiene el cemento Portland Tipo I en las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero, usados para la capa de base en la construcción de pavimentos rígidos de la ciudad de Cajamarca: índice de plasticidad, densidad seca máxima y capacidad de soporte, dichas propiedades son de gran importancia al momento de realizar el diseño de un pavimento rígido y tienen relación directa con el comportamiento estructural de la capa de rodadura durante su vida útil.

Las adiciones de cemento, fueron dadas en porcentajes de peso del material granular: 1%, 2%, y 4%, para un tipo de tratamiento al material granular flexible, pues un

pavimento debe ser lo más flexible posible, siempre y cuando cumpla con las sollicitaciones de carga y acciones de los agentes climatológicos (MVCS, 2012).

#### 1.6. LIMITACIONES

Los datos generados en el desarrollo del proyecto de investigación, son propios para éste.

#### 1.7. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Evaluar el efecto del cemento Portland Tipo I, como estabilizante en las propiedades físicas mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero para bases de pavimentos rígidos.

Objetivos Específicos:

- Evaluar el efecto del cemento Portland Tipo I en el índice de plasticidad del material granular.
- Evaluar el efecto del cemento Portland Tipo I en la densidad seca máxima del material granular.
- Evaluar el efecto del cemento Portland Tipo I en la capacidad de soporte (CBR) del material granular.

#### 1.8. HIPÓTESIS

La incorporación de Cemento Portland Tipo I en los porcentajes de 1%, 2% y 4% en peso del material granular, como estabilizante, mejora las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero, para bases de pavimentos rígidos.

#### 1.9. VARIABLES

VARIABLES Independientes

- Porcentajes de cemento Portland Tipo I: 0%, 1%, 2% y 4%.

VARIABLES Dependientes

- Propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera el Guitarrero: Índice de plasticidad, densidad seca máxima y capacidad de soporte CBR.

## 1.10. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

En el capítulo I, se describe el problema y la necesidad de realizar el estudio de estabilización del material granular de la cantera El Guitarrero para base de pavimentos rígidos, con cemento Portland Tipo I.

En el capítulo 2, se desarrolla el marco teórico, donde se describe los diversos métodos de estabilización de suelos y se desarrolla el tema relacionado con estabilización de suelos con cemento; haciéndose una breve reseña histórica de su uso a través de los tiempos y de los estudios realizados en el tema.

En el capítulo 3, una vez obtenida la base teórica para el desarrollo del tema, se describe la ubicación tanto en espacio y tiempo donde se realiza la investigación; se detalla el procedimiento utilizado para realizar la investigación y finalmente se describe el tratamiento que se le da a los datos y el análisis de resultados. En este capítulo se realiza los ensayos al material granular de la cantera el Guitarreo en estado natural, sin estabilizante y con el material estabilizante.

En el capítulo 4, se presenta los resultados obtenidos de los ensayos del material granular sin estabilizante y con estabilizante, para ser analizados y contrastados con la hipótesis.

En el capítulo 5, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEORICOS

#### 2.1.1. A nivel internacional

El uso de materiales cementantes como el cemento, se ha iniciado mucho tiempo atrás, los acontecimientos y momentos más relevantes en el uso e investigación de este tipo de materiales son los siguientes.

En las pirámides de Shaanxi en China, hace más de 5000 años; se usó materiales puzolánicos naturales para la estabilización de suelos cohesivos.

En las vías de comunicación del imperio romano, hace más de 2500 años; se utilizó material cementante mezclado con piedras en la cimentación de las vías.

En Inglaterra a inicios de la década 1910-1920, Brooke Bradley desarrolló la aplicación metódica y científica de cementantes en suelos para mejorarlos. La técnica usada se llamaba "Retreat Process" (proceso de retratado); que consistía en escarificar o cortar una calzada y colocar agregado nuevo y mezclar, a esta mezcla se añadía emulsión asfáltica diluida y finalmente se mezclaba y compactaba.

En Estados Unidos se realizaron experimentos con suelo cemento, promovidos por PCA (Portland Cement Association); en los años 1917-1940, a partir de la patente de Joseph Hay Amies, de una mezcla de suelo-cemento denominada Soilamies.

En 1935 ASSHTO, realizó un tramo experimental utilizando suelo cemento, cerca de Johnsonville (Carolina del Sur), de 2.4 km en la carretera estatal N°41, con una dosificación de 4%, mejorando la capacidad de soporte en un 30% a la esperada.

En España y Latinoamérica; las primeras experiencias se dieron después de la Segunda Guerra Mundial, usando cementantes hidráulicos en la construcción de caminos.

En los países de Alemania, Francia y Australia desde 1950, mejoraron los suelos con materiales cementantes, para ser usados en la construcción de caminos (Holcim, 2003).

### **2.1.2. A nivel nacional**

El problema de la situación de los pavimentos a nivel nacional, ha generado la evaluación de diferentes mecanismos, para dar soluciones básicas que garanticen un mejor servicio de las vías, dentro de las soluciones que se han planteado están: reconformación de bases existentes, reconformación de obras de arte, colocación de bases estabilizadas (cal, asfalto, cemento y aditivos) y elementos de protección vial.

Paredes (2008) ha realizado un estudio de las características físicas y mecánicas de la mezcla del agregado proveniente de la cantera Azufral, ubicado en el departamento de Arequipa, estabilizado con cemento. Se diseñaron probetas con porcentajes de 5% y 6% de cemento y se analizaron su comportamiento. Dado como resultado que la relación; resistencia del material granular-cemento y porcentaje de cemento es directamente proporcional; es decir, a mayor porcentaje de cemento mayor resistencia.

### **2.1.3. A nivel local**

Hasta la fecha se ha realizado un estudio de estabilización a base de cemento con porcentajes de 0.5%, 0.8%, 1%, 3% y 5%, en el material granular de las canteras Don Lucho y Huayrapongo, en esta investigación se mejoró capacidad de soporte del material granular en un 25.3% y disminuye el espesor de la capa de base en 10 cm y en la losa de concreto 2 cm (Roncal y Urteaga, 2008).

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Los pavimentos rígidos también son llamados pavimentos de concreto, pues tienen una losa de concreto como elemento estructural fundamental. Para Garber y Hoel (2007) los pavimentos rígidos pueden tener o no una capa de base entre la sub rasante y la losa de concreto; sin embargo, con la finalidad que la capa de rodadura tenga un apoyo uniforme y estable el pavimento puede tener una o dos capas de material granular entre la sub rasante y la capa de rodadura.

Los requisitos para la construcción de un pavimento rígido pueden variar considerablemente dependiendo del suelo de la sub rasante, de las condiciones ambientales y del volumen de tráfico pesado de la vía.

Los pavimentos rígidos, por su alta rigidez y alto grado de elasticidad, distribuye las cargas producidas por el tránsito vehicular en una extensa área y así evita que las cargas se concentren en un solo punto y se puede producir deformaciones debidas a sobre esfuerzos. Lo mencionado, nos lleva a la conclusión que la capa que tiene mayor influencia estructural es la capa de rodadura (losa de concreto), las otras capas del pavimento cumplen la función de drenaje subterráneo y evitan la surgencia.

Existen diferentes tipos de pavimentos rígidos: de concreto simple, concreto simple con varillas de transferencia de carga (pasadores), reforzados, de refuerzo continuo.

Los espesores normales de este tipo de pavimentos son de 6 a 13 pulgadas; esto depende de la magnitud de cargas a soportar, módulo de reacción del suelo que va a soportar las cargas y la calidad de concreto a utilizar.

Dentro de los aspectos que perjudica la transmisión de cargas desde la losa hasta el suelo de fundación, es el bombeo o surgencia, ocasionando la falla de la estructura del pavimento, por eso es indispensable que las capas

intermedias entre la losa de concreto y el suelo de fundación (sub rasante) sean de muy buena calidad y garanticen esa continuidad.

Llorach (1992), considera que la surgencia se produce por tres factores:

- Sub rasante constituida por suelos que puedan entrar en suspensión.
- Agua libre entre la losa de concreto y la sub rasante.
- Cargas de vehículos pesadas y frecuentes.

#### A. ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Montalvo (2013), menciona que la estructura de un pavimento rígido está conformada por los siguientes elementos: sub rasante, sub base o base y losa de concreto.

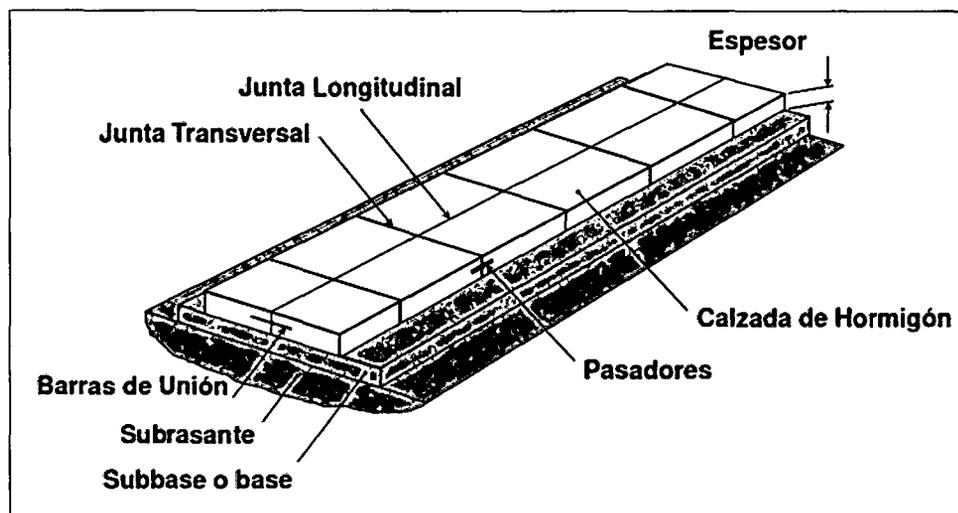


Figura 1: Estructura de un pavimento rígido.

#### **Sub rasante**

La sub rasante, considerada como la cimentación del pavimento, es una capa de suelo natural que debe estar debidamente preparada y compactada, tendiendo mucho cuidado en la expansión de suelos, pues una de las funciones más importantes de esta capa, es brindar un apoyo estable y uniforme a la losa de concreto, evitando cambios bruscos en la capacidad de

soporte de cargas; es decir, si no se cuenta con una capa de suelo que cumplan esta función se deberá corregir de la manera más económica.

En un pavimento rígido a diferencia de un pavimento flexible, la sub rasante tiene esfuerzos muy bajos, debido a la buena distribución de cargas de la losa de concreto. Los requisitos del material usado para la sub rasante para pavimentos rígidos varía dependiendo del tipo de suelo, de las condiciones ambientales y volumen de tránsito; lo que se busca es que la sub rasante ofrezca una resistencia uniforme durante el periodo de diseño (Céspedes, 2002).

Rico y Castillo (2005), lo describen como la parte del terreno en que se apoya el pavimento; puede ser terreno natural que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto o material de préstamo, pero debe estar bien gradado y compactado, su función es soportar al pavimento en condiciones razonables de resistencia y deformación. Es la parte del pavimento que debe tener las secciones transversales y pendientes que figuran en los planos de diseño.

La calidad de esta capa, influye directamente en el espesor que debe tener el pavimento, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte ante las sollicitaciones de cargas y las deformaciones que sufren debido a estas (Montejo, 2002).

### **Base**

En la antigüedad las losas de concreto se colocaban directamente sobre la sub rasante, sin importar la calidad del suelo que lo constituía; pero una vez que los vehículos aumentaron su carga y número obligaron a utilizar una capa de material granular que ofrezca un apoyo adecuado a la losa de concreto, es por tal motivo que en la actualidad generalmente se coloca una capa que sirve de base al pavimento, la misma que puede ser estabilizada o no, dependiendo de la calidad del suelo de la sub rasante, es decir, la base

debido a su proximidad con la superficie, debe poseer alta resistencia a las deformaciones, para soportar las altas presiones que recibe. La capa que sirve de base para pavimentos rígidos consiste de una o más capas de material granular que muchas veces se construyen con materiales granulares procesados o estabilizados (Rico y Castillo, 2005).

En esta investigación se denomina base a la capa de material granular que sirve de apoyo a la losa de concreto, dado que es el término asignado a la primera capa que está debajo de la superficie de rodadura. Algunos autores llaman a esta capa sub base por el material granular utilizado, pues los requisitos de calidad del material para esta capa, no son tan estrictos como los de la base para pavimentos flexibles, dado que bajo la losa de concreto, la presión transmitida a la capa (sub base) debido al tráfico es mucho menor que la que se da en los pavimentos flexibles (ASOCEM, 2008).

Para Céspedes (2002), la capa de base en pavimentos rígidos cumple las siguientes funciones:

- Soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento.
- Proporcionar una superficie uniforme y estable, que sirva de apoyo a la losa de concreto.
- Proteger a la losa de concreto de los cambios volumétricos de la sub rasante.
- Controlar los efectos de bombeo o surgencia, siendo utilizada como una capa de drenaje o control de ascensión capilar de agua.
- Incrementar la capacidad de soporte del suelo donde se apoya la losa de concreto, capa sub rasante.

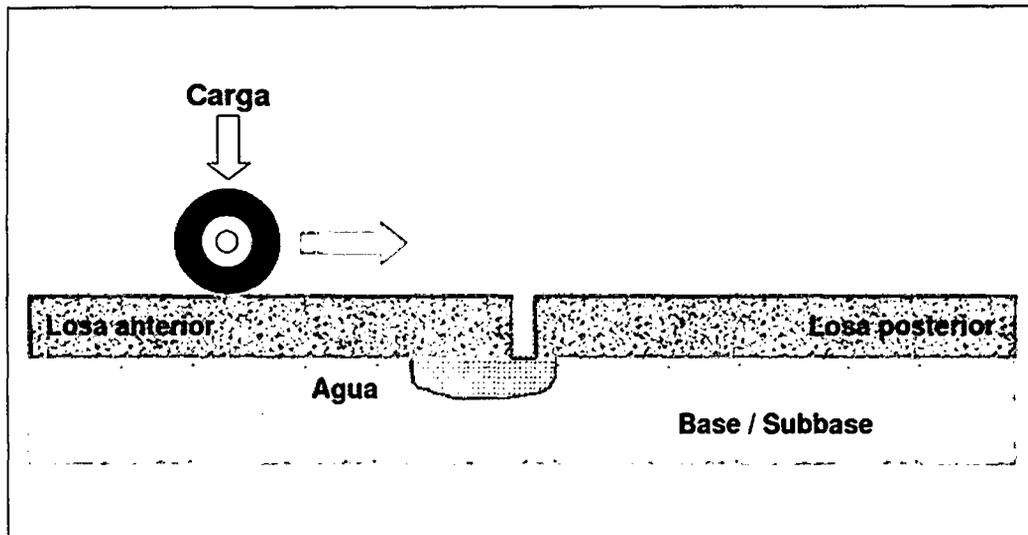


Figura 2: Erosión por bombeo.

Rico y Castillo (2005), menciona que dada la rigidez comparativa de las losas de concreto y su resistencia, los esfuerzos que se transmiten a la base de apoyo son pequeños; sin embargo, el correcto trabajo de la losa exige que estén uniformemente apoyadas y que ese apoyo se mantenga en buenas condiciones durante toda la vida del pavimento; un buen apoyo debe incluir transiciones graduales en donde no haya cambios abruptos en la capacidad portante de la capa base de apoyo, esto quiere decir, que la capa granular de apoyo de un pavimento rígido y la capa de rodadura, deben presentar un módulo de elasticidad semejantes; ya que con ello se evita un probable fracturamiento de la capa de rodadura, ya que ambas capas trabajan en conjunto.

ASOCEM (2008) menciona, para que una base dé un soporte razonablemente uniforme, se deben controlar las tres causas mayores que generan heterogeneidades como son: suelos expansivos, el bombeo de finos y el congelamiento. Los suelos expansivos son aquellos suelos que sufren grandes cambios volumétricos cuando varía su contenido de humedad, que traen como consecuencia, que el concreto comience a distorsionarse hasta dañar su calidad. Bombeo es el fenómeno por el cual se da un desplazamiento de la mezcla de suelo y agua, esto ocurre bajo las juntas de las losas, de las fisuras y de los bordes de pavimento, el bombeo puede

ocurrir cuando el pavimento se haya construido sobre suelos finos, plásticos y base erodables (ítem 2.2.1).

Para Badillo y Rodríguez (1996), el material para ser utilizado como base en un pavimento rígido debe cumplir con las funciones de la capa sub base de pavimentos flexibles, esta capa proporcionará una superficie uniforme de apoyo para la losa de concreto y protegerla de cambios volumétricos de la sub rasante, según estas funciones a cumplir; debe ser un material granular, bien compactado, relativamente grueso y su granulometría debe ser uniforme. El material utilizado debe mejorar sus propiedades físico mecánicas al usar cemento como estabilizante, esto referente a bombeo y garantizar una resistencia apropiada.

Según Rico y Castillo (2005), si el pavimento va a estar sujeto a un tránsito mayor de 1000 vehículos pesados por día, la capa de material granular de la base debe cumplir ciertos requisitos, adicionalmente al hecho de estar constituida por materiales no susceptibles al bombeo.

- El tamaño máximo del material, no debe ser mayor que 1/3 del espesor de la base.
- La base no debe tener más del 15% del material que pase la malla N° 200.
- El índice de plasticidad debe ser menor que 6%.
- El límite líquido debe ser menor que 25%.

Cuando el material granular supere el 15% pasando el tamiz N°200 o el Índice de Plasticidad mayor que 4% o el Límite Líquido sea mayor que 25%, se tendrá que mejorar sus propiedades para su uso.

La consolidación debido al tránsito resulta ser perjudicial, por tal motivo para evitar este fenómeno, se recomienda que a la base se deba compactar con una densidad al 100% de la máxima densidad seca, AASHTO T 180-01, como valor mínimo (sección 402 de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 del Manual de Carreteras).

La norma CE.010, referido a Pavimentos urbanos en el Anexo E, menciona que la calidad de los materiales de la capa de apoyo de la losa de concreto en un pavimento de concreto debe las especificaciones correspondientes de la sección 402: Sub base granular de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, del Manual de Carreteras, EG-2013, la misma que menciona que los materiales que se utilizan para la construcción de la capa sub base, deberá ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

- Material Granular. Presentará una granulometría continua y bien graduada, sin presentar variaciones considerables, se debe tener en consideración los requisitos granulométricos de la Tabla 1.

Tabla 1: Requerimientos granulométricos para sub base granular.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	----	----
25 mm (1")	----	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N°4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (N°10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 um (N°40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N°200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 -15

Fuente: ASTM D 1241-12

Para las zonas o altitud iguales o mayores a 3000 m.s.n.m, se deberá seleccionar la gradación "A".

El material granular deberá cumplir además con las características físicas mecánicas y químicas de la Tabla 2.

Tabla 2: Requerimientos del material granular para sub base granular.

Propiedades	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	> 3000 msnm
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131-03	T 96-02	50 % máx.	50 % máx.
CBR	MTC E 132	D 1883-07	T 193-10	40 % min.	40 % min.
Límite líquido	MTC E 110	D 4318-00	T 89-10	25 % máx.	25 % máx.
Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318-00	T 90-00	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	D 2419-02	T 176-08	25 % máx.	35 % máx.
Sales solubles	MTC E 219			1 % máx.	1 % máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791-99		20 % máx.	20 % máx.

Fuente: Sección 402, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Cada muestra de material granular para bases de pavimentos rígidos, se someterá a los ensayos establecidos en la sección 402, de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

### Losa de concreto

Para Garber y Hoel (2004), es la capa que se ubica sobre la capa de base y su función principal es proteger al pavimento de la acción abrasiva de los vehículos evitando que se desgaste o se desintegre, esta capa transmite a la base o a la sub rasante, las cargas que reciben de una manera uniforme, en una extensión considerable y a una distancia apreciable de su punto de aplicación, repartiéndolas así sobre una gran superficie.

Está conformada por mezcla de concreto hidráulico. Los métodos de diseño especifican diseños de mezcla con Módulo de Rotura a la Flexión (MR) superiores a 420 Kg/cm<sup>2</sup>, o su equivalente a  $f'c = 280$  Kg./cm<sup>2</sup>.

### 2.2.2. ESTABILIZACION DE SUELOS

Garber y Hoel (2004), lo describen como el tratamiento que se le da al suelo para mejorar sus propiedades físico mecánicas, mediante la incorporación de un conglomerante y así ser utilizado. Una de las causas que origina este tipo

de tratamiento es encontrar frecuentemente materiales que no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas para la construcción de pavimentos, por lo que resultan no adecuados, frente a estas ocurrencias se tiene tres posibilidades de decisión:

- Aceptar el material, tal como se encuentra, pero tomando riesgos en el resultado que podría ocasionar su utilización.
- Eliminar el material insatisfactorio o prescindir de usarlo, sustituyéndole por otro de mejor calidad.
- Modificar las propiedades del material existente, para hacerlo capaz de cumplir con las especificaciones y requerimientos necesarios.

En la actualidad se requieren pavimentos que cumplan con el objetivo de su construcción, garantizando la transitabilidad adecuada y por otro lado tenemos el agotamiento de los recursos naturales, es por esto que la última alternativa se pretende establecer como una solución para mejorar las propiedades de los suelos.

Rico y Castillo (2005) mencionan que los procedimientos a seguir para lograr un mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de un suelo son muchos, dependiendo del tipo de suelo y qué propiedades se desea mejorar. Cabe recalcar que la estabilización de suelos no siempre puede resultar ventajosa, es por esto que se debe analizar lo que se logrará al mejorar el suelo, el esfuerzo que se emplee y el dinero a invertir.

IECA (2003) menciona que actualmente se disponen de productos, para el tratamiento de los suelos que no cumplan con las especificaciones técnicas, mejorando la resistencia a la deformación bajo cargas, reducir la sensibilidad al agua y entre otros. Los estabilizantes más empelados son el cemento y la cal, también pueden emplearse otro tipo de conglomerantes como los materiales bituminosos y ciertos productos químicos (aditivos), pero su uso es más restrictivo por el costo que produce su empleo. Para estabilizar un suelo, el conglomerante a utilizar debe ser cemento si el suelo es poco plástico,

mientras que si es fino y cohesivo debe utilizarse cal aérea, aunque en ocasiones puede convenir un tratamiento mixto (cal – cemento).

#### A. PROPIEDADES DEL SUELO A MEJORAR

Rico y Castillo (2005) consideran que las propiedades de los suelos que más frecuentemente se estudian en problemas de estabilización son:

##### **Estabilidad volumétrica**

Se refiere por lo general a los problemas relacionados con los suelos expansivos por cambio de humedad, relacionado con variaciones estacionales o con la actividad del ingeniero. La estabilización suele ofrecer una alternativa de tratamiento para estos suelos, diferente del uso de cargas, capas permeables, introducción del agua. Se trata de transformar la capa de arcilla bien sea en una masa rígida o en una granulada, con sus partículas unidas por lazos suficientemente fuertes como para resistir las presiones internas de expansión. Esto se logra por tratamientos químicos o térmicos, los tratamientos químicos se efectúan generalmente a las arcillas superficiales, mientras que los tratamientos térmicos a las arcillas más profundas. Esta propiedad se puede determinar mediante el ensayo de expansividad del suelo.

##### **Resistencia**

Existen varios métodos de estabilización para mejorar la resistencia de los suelos. La compactación es de hecho una manera de estabilización mecánica a la que se recurre para incrementar la resistencia de los suelos, pero el empleo de mayores intensidades de compactación no siempre conduce a valores más altos de resistencia. Uno de los ensayos para determinar el índice de resistencia de los suelos es el denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio), este ensayo evalúa la capacidad de soporte de los suelos.

Algunas de las formas más usadas de estabilización para elevar la resistencia, tenemos:

- Compactación.
- Vibro flotación.
- Precarga.
- Drenaje.
- Estabilización mecánica con mezcla de otros suelos.
- Estabilización química con cemento, cal o aditivos líquidos.

### **Permeabilidad**

No suele ser muy difícil cambiar la permeabilidad de formaciones de suelo por métodos tales como la compactación, la inyección, entre otros métodos. En materiales arcillosos, el uso de defloculantes (poli fosfatos), puede reducir la permeabilidad significativamente, el uso de floculantes (hidróxido de cal o yeso) aumenta correspondientemente el valor de la permeabilidad. En la actualidad se va disponiendo de algunas sustancias que introducidas en el suelo en forma de emulsión puede reducir mucho su permeabilidad, si bien el uso de estas sustancias ha de ser cuidadosamente analizado, pues no es raro que ejerzan efectos desfavorables en la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

Los métodos de estabilización para influir en la permeabilidad de los suelos, suelen estar bastante desligados de los métodos con los que se busca variar la estabilidad volumétrica o la resistencia.

### **Compresibilidad**

Los cambios en volumen o compresibilidad, tiene una importante influencia en las propiedades de los suelos, pues se modifica la permeabilidad, se alteran las fuerzas existentes entre las partículas tanto en magnitud como en sentido, lo que tiene una importancia decisiva en la modificación de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y se provocan desplazamiento. La humedad de compactación tiene una gran importancia en la compresibilidad de suelos compactados.

La compresibilidad de un suelo puede presentar variaciones importantes, dependiendo de algunos factores tales como la relación de la carga aplicada respecto a la carga que el suelo soportaba anteriormente, tiempo de aplicación de la carga una vez que se ha disipado la presión de poro en exceso de la hidrostática, naturaleza química del líquido intersticial.

La compactación es una forma rutinaria de estabilización que modifica fuertemente la compresibilidad de los suelos, pues al remodelar un suelo se modifica su compresibilidad. Sin embargo, la compactación no es la única forma de estabilización que influye en la compresibilidad, y de hecho, puede decirse que todos los métodos influyen en dicha propiedad.

### **Durabilidad**

En este concepto se involucran los factores que se refieren a la resistencia al intemperismo, a la erosión o a la abrasión del tráfico; de esta manera, los problemas de durabilidad en las vías suelen estar muy asociados a los suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodamiento. Actualmente no es fácil determinar con exactitud las propiedades de durabilidad de los materiales que se van a utilizar para un pavimento, pues no reproducen de forma eficiente el ataque a qué estarán sujetos éstos.

La durabilidad es, pues, uno de los aspectos más difíciles de cuantificar y la reacción o solución más común ante este problema ha sido la de sobre diseñar, lo cual puede no ser lo más eficiente.

Existen otros factores que se modifican con el tratamiento y son: composición mineralógica, la influencia de condiciones climáticas y presencia de materiales finos.

## **B. VENTAJA DE LOS SUELOS ESTABILIZADOS**

Para IECA (2013), los tratamientos y estabilización de suelos son una solución muy interesante desde los puntos de vista económico, ambiental

y técnico. Se puede trabajar y aprovechar los suelos con problemas geotécnicos y baja capacidad de soporte.

### **Medioambientales**

- Desde el punto de vista medioambiental, la estabilización de materiales permite el empleo de residuos, en la construcción de vías, pudiéndolos emplear, en las capas del firme, lo cual implica su valorización y potencia la estructura del pavimento como vertedero de residuos.
- El empleo de suelos o materiales disponibles y de la zona evita explotar nuevos yacimientos o canteras y disminuye la necesidad de vertederos.
- La eliminación del transporte de los suelos disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes y reduce el daño que generan los combustibles y aceites, así como los impactos colaterales (polvo, erosiones y otros) que provoca sobre las carreteras y flora adyacentes.
- Es una técnica en frío que consume poca energía. Se disminuyen con ello notablemente la contaminación y las emisiones de vapores nocivos.

### **Técnicas**

- Permite el empleo de los suelos de la zona, mejorando sus características hasta el grado deseado.
- Proporciona una elevada capacidad de soporte a la vía, disminuyendo las tensiones que llegan a la capas de la sub rasante, con lo que aumenta la vida de servicio del mismo.

- Asegura la estabilidad de los suelos, tanto por la reducción de su sensibilidad al agua y a la helada, como por el incremento de su resistencia a la erosión.

- Puede permitir en ciertos casos el paso inmediato del tráfico de obra.

#### **Económicas**

- El empleo de los suelos de la zona y la eliminación del transporte de material de lugares más alejados, representa una reducción importante de costo.
- La obtención de capas de fundación de mayor calidad permite una economía en las capas del pavimento y en el volumen total de agregados empleados en los mismos.
- Se reducen los plazos de ejecución, dado que la estabilización se realiza con equipos de alto rendimiento y que se disminuye el espesor total de las capas del pavimento frente a las alternativas con suelos sin tratar.
- Las ventajas técnicas y ambientales citadas también se traducen en beneficios económicos.
- La utilización de estabilizantes en la construcción de vías, nos permite optimizar al máximo el proceso y la utilización de materiales granulares, al hacer uso de suelos propios de la zona, evita la reducción de los recursos naturales disponibles al disminuir el empleo de suelos de mejor calidad. Haciéndose cada vez más necesaria la utilización de los materiales disponibles en la zona, evitando el transporte de materiales granulares y esto acarrea un costo adicional.

Los objetivos directos que se obtienen suelen ser:

- Permitir el aprovechamiento de suelos de la capa de deficiente calidad, evitando su extracción y transporte a botaderos así como el

tener que aportar otros diferentes que en ocasiones pueden hallarse a distancias importantes.

- Reducir la sensibilidad al agua de los suelos, y con ello aumentar su resistencia a la erosión, a la helada, y a otros agentes climáticos.
- Permitir la circulación por terrenos intransitables.
- Obtener una plataforma estable de apoyo del firme que colabore estructuralmente con el mismo.

### C. TIPOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Existen diversas maneras de lograr una estabilización de un suelo, pero para fines de entendimiento en la presente investigación lo clasificaremos de la siguiente manera:

#### **Estabilización Mecánica**

Bañon (2000), lo define como una técnica de mejora basada en la mezcla de diversos materiales con propiedades complementarias, de manera que se logre un material de mayor calidad y que cumplan las exigencias requeridas. Las propiedades que se pretenden mejorar con este tipo de estabilización son la plasticidad y la granulometría, este tipo de estabilización se realiza con equipo mecánico. Dentro de este tipo de estabilización tenemos a:

#### - Compactación

Se realiza en la sub base, base y en carpetas asfálticas; se debe emplear en todas aquellas obras donde la materia prima es el suelo (base del corte de laderas, terraplenes, canales de agua, suelo de cimentación, rellenos artificiales, diques, terraplenes para vías, etc).

El proceso debe producir lo siguiente:

- Aumentar la resistencia al corte para mejorar la estabilidad del suelo.

- Disminuir la compresibilidad para reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos para reducir la permeabilidad y así mismo el potencial de expansión, contracción o exposición por congelamiento.

En todo momento se tendrá en cuenta la prueba de compactación Proctor estándar o modificado con energía de compactación, de laboratorio, dado por la fórmula siguiente:

$$E = \frac{N * n * P * h}{V}$$

Dónde: E= Energía de compactación  
N= Número de golpes por capa  
n=número de capas de suelo  
P=peso del pisón  
h=altura de caída libre del pisón  
V=volumen del suelo compactado

Tabla 3: Prueba de compactación Próctor Estándar ASTM 698-78 y Próctor Modificado ASTM 1557-12

Ensayo	Próctor Estándar (ASTM D 698-78)			Próctor Modificado (ASTM D 1557-12)		
	A	B	C	A	B	C
Método	A	B	C	A	B	C
Diámetro de Molde	4"	4"	6"	4"	4"	6"
Energía de Compactación	12,375 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	12,375 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	12,375 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	56,250 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	56,250 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	56,250 Lb*ft/ft <sup>3</sup>
Peso del Martillo	5.5 lb	5.5 lb	5.5 lb	10 lb	10 lb	10 lb
Altura de Caída del Martillo	12 pulgadas	12 pulgadas	12 pulgadas	18 pulgadas	18 pulgadas	18 pulgadas
Número De Golpes Por Capa	25	25	56	25	25	56
Número de Capas	3	3	3	5	5	5
Límites del tamaño superior de partículas	Nº4	Nº4	3/4"	Nº4	Nº4	3/4"

Fuente: Braja M. Das

Tabla 4: Prueba de compactación Próctor Estándar AASHTO T 99-95 y Próctor Modificado AASHTO 180-01

Ensayo	Próctor Estándar (AASHTO T 99-95)				Próctor Modificado (AASHTO T 180-01)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Método	A	B	C	D	A	B	C	D
Diámetro de Molde	4"	6"	4"	6"	4"	6"	4"	6"
Energía de Compactación	12,320 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	12,320 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	12,375 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	12,375 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	56,250 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	56,250 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	56,000 Lb*ft/ft <sup>3</sup>	56,000 Lb*ft/ft <sup>3</sup>
Peso del Martillo	5.5 lb	5.5 lb	5.5 lb	5.5 lb	10 lb	10 lb	10 lb	10 lb
Altura de Caída del Martillo	12 pulgadas	12 pulgadas	12 pulgadas	12 pulgadas	18 pulgadas	18 pulgadas	18 pulgadas	18 pulgadas
Número De Golpes Por Capa	25	25	56	56	25	25	56	56
Número de Capas	3	3	3	3	5	5	5	5
Límites del tamaño superior de partículas	Nº4	Nº4	3/4"	3/4"	Nº4	Nº4	3/4"	3/4"

· Fuente: Apuntes Ingeniería Civil.

### Estabilización Física

Este tipo de estabilización produce cambios físicos en el suelo. Dentro de este tipo de estabilización tenemos a:

- Mezcla de suelos: mezclando dos o más suelos o gravas de características complementarias.
- Consolidación previa: en suelos finos arcillosos.
- Confinamiento: en suelos friccionantes.
- Geotextiles.

### **Estabilización química**

Garber y Hoel (2005), lo definen como la mezcla del suelo natural con agentes químicos; se usan varios agentes de mezcla para obtener distintos efectos, los agentes químicos más utilizados son cemento Portland, aglomerantes asfálticos, cal y aditivos.

Se aplican métodos químicos en la estabilización de suelos, en casos que:

- No cumpla con los requisitos mínimos de resistencia o deformación.
- No pueda ser empleado en condiciones naturales.
- No pueda ser eliminado o reemplazado por otro.

Al aplicar métodos químicos de estabilización, el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Para su preparación, mezclado y aplicación sólo se utilizará agua.

#### *Aditivo estabilizador*

Sin ser limitativo, el estabilizador debe emplearse en el tratamiento de superficies de suelos con materiales orgánicos o de granulometrías muy finas y los cuales no cumplan con los requerimientos necesarios para su uso.

El producto terminado de suelo con estabilizador, deberá presentar mejores características de resistencia, con control volumétrico y de polvo superficial, tanto en la etapa de construcción como de servicio.

Se debe emplear aditivos que reduzcan el agua contenida entre las partículas del suelo aumentando los vacíos y facilitando su compactación.

De requerirse mejoras en el comportamiento estructural, debe emplearse aditivos en suelos que contengan más de 25% de finos cohesivos. Estos aditivos también deben ser controladores de polvo.

En caso que el estabilizador sea líquido soluble en agua se debe tener en cuenta la evaporación, observando la pérdida de humedad en el suelo, su solidificación y el aumento de la cohesión y resistencia.

La efectividad de los agentes estabilizadores debe cumplir con lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 5: Condiciones de efectividad de los agentes estabilizadores.

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Arcillas finas</b>	<b>Arcillas Gruesas</b>	<b>Limos Finos</b>	<b>Limos Gruesos</b>	<b>Arenas Finas</b>	<b>Arenas Gruesas</b>
Tamaño de partícula (mm)	<0.0006	0.0006 – 0.002	0.002 – 0.01	0.01 – 0.06	0.06 – 0.4	0.4 – 2.0
Estabilidad Volumétrica	Muy Pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
Cal	Si	Si	Si			
Cemento	No	No	No	No	Si	Si
Asfalto					Si	Si

Fuente: Norma Técnica CE.020 Estabilización de Suelo y Taludes.

Podemos visualizar, en la tabla presentada, los principales agentes estabilizadores químicos: cal, cemento y asfalto.

#### *Estabilización con cal*

La dosificación depende del tipo de arcilla. Se agregará de 2% a 8% de cal por peso seco de suelo. Este porcentaje debe determinarse en el laboratorio, siguiendo los pasos siguientes:

- Estimar el porcentaje de cal en función del pH.
- Elaborar especímenes para el ensayo de compresión no confinada a la humedad óptima y máxima densidad seca.
- Determinar el incremento de la resistencia del suelo estabilizado con cal.

- Si el incremento de resistencia, con el porcentaje de cal elegido, es mayor a 3.5 kg/cm<sup>2</sup>, determinar la variación en la resistencia para especímenes elaborados con + 2% de cal.
- Determinar el contenido de cal para el cual la resistencia no aumenta en forma importante.
- Elaborar una gráfica de resistencia y % de cal.

Por ningún motivo se debe emplear más del 8% de cal en el suelo, ya que se aumenta la resistencia pero también la plasticidad.

Los suelos que se usen para la construcción de Suelo-Cal deben estar limpios y no deben tener más de tres por ciento (3%) de su peso de materia orgánica. Además la fracción del suelo que pasa la Malla N° 40 debe tener un índice de Plasticidad comprendido entre 10 y 50.

El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de Suelo-Cal.

La cal que se use para la construcción de Suelo-Cal puede ser cal viva ó hidratada y debe satisfacer los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M 216 ó NTP N° 334.125:2002 Cal viva y cal hidratada para Estabilización de Suelos.

El agua que se use para la construcción de bases de Suelo Cal debe estar limpia, no debe contener materia orgánica y debe estar libre de sales, aceites, ácidos y álcalis perjudiciales.

#### *Estabilización con cemento*

La adición de cemento, debe mejorar las propiedades mecánicas del suelo, sin llegar a condiciones de rigidez similares a morteros hidráulicos.

Se debe verificar que los finos pasantes al tamiz N°200, en el suelo, se encuentre entre 5% y 35%, antes de ser mezclados con cemento.

Se pueden utilizar todos los tipos de cementos, pero en general se recomienda los de fraguado y endurecimiento normales.

En casos de querer contrarrestar los efectos de la materia orgánica, se empleará cementos de alta resistencia.

En zonas con bajas temperaturas, los suelos se mezclarán con cementos de fraguado rápido o con cloruro de calcio como aditivo.

La capa estabilizada con cemento tendrá un espesor mínimo de 10 cm, pudiendo recibir capas de cobertura (tratamiento superficial asfáltico) de poco espesor (1.5 cm) para tránsito ligero a medio o podrá servir de apoyo a un pavimento rígido o flexible de alta calidad, en el cual el suelo no debe contener materias perjudiciales al fraguado o la resistencia.

El suelo se deberá controlar con ensayos de granulometría, verificando que el límite líquido sea menor de 50% y el índice de plasticidad menor de 25%.

En la norma CE 0.20, menciona que existe dos métodos para estabilizar con cemento Portland: estabilización del tipo flexible y estabilización del tipo rígido. Para obtener una estabilización del tipo flexible, el porcentaje de cemento debe variar entre 1% a 4%, permitiendo disminuir la plasticidad e incrementar levemente la resistencia. Se controla mediante pruebas de laboratorio semejantes a las empleadas en materiales estabilizados con cal. Para obtener una estabilización del tipo rígida, el porcentaje de cemento debe variar entre 6% a 14%, logrando mejorar el comportamiento de las bases, reflejado en el incremento de su módulo de elasticidad evitando fracturas de la capa de superficie. El porcentaje óptimo a emplear, se debe calcular con pruebas de laboratorio con diferentes contenidos de cemento.

Montalvo (2013), en el curso de actualización profesional: Supervisión en obras de Infraestructura Vial, presenta la relación que tiene el porcentaje de cemento añadido con la capa construida de suelo, así tenemos:

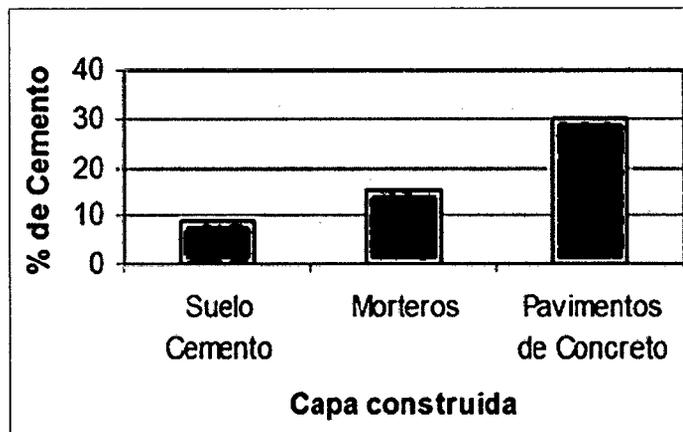


Figura 3: Contenido de cemento vs capa construida.

Sólo si el pH (Potencial de Hidrógeno) del suelo es mayor de 12 y la cantidad de sulfatos menor que 0.75% se requerirá estabilizarse con cemento. La fracción inferior del tamiz N°40, debe presentar un límite líquido menor a 40 y un índice plástico menor a 15, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111. La proporción de sulfatos del suelo, expresada como SO<sub>4</sub> no debe exceder de 0.2%, en peso.

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de proceder con la estabilización, se comprobará que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad de 95% del ensayo de laboratorio según MTC E 115. La compactación deberá ser el 95% como mínimo, del ensayo Próctor Modificado.

Las estabilizaciones con cemento sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a diez grados Celsius (10°C) y cuando no haya lluvia.

### *Estabilización con Asfalto*

Se empleará asfalto o bitumen, para lograr propiedades impermeabilizantes, adhesivas y de preservación, en el suelo. En suelos friccionantes puede considerarse, además de la química, estabilización mecánica.

La estabilización de cada suelo, debe ser investigada en forma independiente, a partir de la granulometría, plasticidad, densidad y otras propiedades del suelo. Para un peso específico del material igual a 1.64 gr/cm<sup>3</sup>, le debe corresponder 10% de asfalto y para 1.75 gr/cm<sup>3</sup>, no es necesaria su aplicación, tal como lo muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Contenido de asfalto para estabilizar.

<b>Contenido de Asfalto (%)</b>	0	2	4	6	8	10
<b>Peso Específico del Material (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.75	1.71	1.68	1.66	1.64	1.64

Fuente: Norma Técnica CE.020 Estabilización de Suelo y Taludes.

Las diferentes alternativas de estabilización de suelo, lo tenemos en la Tabla 7.

Tabla 7: Tipos de estabilización.

Material	Tipos de Estabilización			
	Mecánica	Con Cemento	Con Cal	Con Emulsión
Grava	Puede ser necesaria la adición de finos para prevenir desprendimiento.	Probablemente no es necesaria, salvo si hay finos plásticos. Cantidad de 2 a 4%.	No es necesaria, salvo que los finos sean plásticos. Cantidad de 2 a 4%.	Apropiada si hay deficiencia de finos. Aproximadamente 3% de asfalto residual.
Arena Limpia	Adición de gruesos para dar la estabilidad y de finos para prevenir desprendimientos.	Inadecuada: produce material quebradizo.	Inadecuada: no hay reacción.	Muy adecuada: De 3 a 5% de asfalto residual.
Arena Arcillosa	Adición de gruesos para mejorar resistencia.	Recomendable 4 - 8%	Es factible dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear de 3 a 4% de asfalto residual.
Arcilla Arenosa	Usualmente no es aconsejable	Recomendable 4 - 12%	4 a 8% dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear pero no es muy aconsejable.
Arcilla	Inadecuada	No es muy aconsejable. La mezcla puede favorecerse con un mezcla con 2% de cal y luego entre 8 y 15% de cemento.	Muy adecuada. Entre 4 y 8% Dependiendo de la arcilla.	Inadecuada.

Fuente: Norma Técnica CE.020 Estabilización de Suelo y Taludes.

### 2.2.3. ESTABILIZACIÓN SUELO CEMENTO

El suelo al ser mezclado con el cemento, mejora la resistencia mecánica y durabilidad de la mezcla, por la formación de enlaces entre los dos componentes durante las reacciones de hidratación. Los tipos de suelos en los que se puede utilizar cemento como elemento estabilizante son varios; sin embargo, los suelos granulares son los que presentan una influencia mayor en la mejora de sus propiedades (IECA, 2013).

Las definiciones que se da a suelo cemento, son varias, esto en función del país y el tiempo; las que actualmente se tienen en cuenta son las siguientes:

Para La Portland Cement Association (PCA); suelo cemento, es una mezcla íntima de suelo, convenientemente pulverizado, con determinadas porciones de agua y cemento que se compacta y cura para obtener mayor densidad. Cuando el cemento se hidrata la mezcla se transforma en un material duro, durable y rígido. Se le usa principalmente como base en los pavimentos de carreteras, calles y aeropuertos.

Para el Grupo Holandés de Trabajo; suelo-cemento, es una mezcla homogénea de suelo con cemento y agua que se compacta adecuadamente. El suelo tratado endurece por la reacción del cemento y el agua, por lo que mejora sus propiedades ingenieriles, lo cual favorece su uso en la construcción de carreteras.

Para Coleman A. O'Flaherty; suelo-cemento, es un material endurecido formado por el curado de una íntima mezcla de suelo, cemento y agua que se compacta.

ACI 230.1R: Suelo cemento-ACI 116R; es una mezcla de suelo y porciones medidas de cemento Portland y agua, compactada a alta densidad. El suelo cemento puede ser definido además como un material producido por el mezclado, compactación y curado de suelo/agregados, cemento Portland, ocasionalmente aditivos y/o puzolanas, para formar un material endurecido con específicas propiedades ingenieriles. Las partículas suelo, agregados son

adheridas por la pasta de cemento, pero a diferencia que en las mezclas de concreto, las partículas individuales no son cubiertas completamente por la pasta de cemento.

El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones; define al suelo cemento como un material fabricado con suelos granulares o zahorras, cuyo contenido de cemento en peso suele ser del orden del 3% – 7%.

Para el MTC (2013), el material llamado suelo cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto.

El suelo a estabilizar con cemento, puede ser material de afirmado o proveniente de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural proveniente de:

- Excavaciones o zonas de préstamo.
- Agregados locales.
- Mezcla de ellos.

Cualquiera que sea el material a emplear, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar la elaboración y fraguado del concreto. Deberá además, cumplir con los siguientes requisitos:

- Granulometría (agregados). La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4 A-5, A-6 y A-7. Además el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2") o 1/3 del espesor de la capa compactada. Sin embargo los suelos más

adecuados para estabilizar con Cemento son los suelos granulares tipos A-1 y A-3.

- Plasticidad. La fracción inferior del tamiz de 525  $\mu\text{m}$  (N°40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un índice Plástico menor de 18%, determinados según las normas de ensayos MTC E 110 y MTC E 111.
- Composición química. La proporción de sulfatos del suelo, expresada como  $\text{SO}_4^{2-}$  no podrá exceder de 0.2% en peso.
- Abrasión. Si los materiales a utilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50%.
- Solidez. Si los materiales a utilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud  $\geq 3000$  m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15%.

La resistencia del suelo cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo (Grame y Metcalf, 1973).

La dosificación de cemento para Suelo Cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según la Tabla 8.1.

Tabla 8: Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento.

<b>Clasificación de Suelos AASHTO</b>	<b>Rango Usual de Cemento Requerido, Porcentaje de Peso de los Suelos</b>
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-19
A-6	9-15
A-7	10-16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA).

Los tipos de suelos mencionados en la Tabla 8, son descritos en la Tabla 9.

Tabla 9: Clasificación de suelos AASHTO.

<b>Clasificación AASHTO</b>	<b>Descripción</b>
A-7-5; A-7-6	Materiales orgánicos y arcillosos de alta compresibilidad.
A-6	Materiales orgánicos y arcillosos de alta compresibilidad.
A-5	Arcillas y limos de baja compresibilidad.
A-4	Arenas arcillosas.
A-3	Arena de pobre gradación.
A-2-6 y A-2-7	Arenas limosas.
A-2-4 y A-2-5	Arenas bien gradadas.
A-1-b	Gravas de pobre gradación.
A-1-a	Gravas bien gradadas.

Fuente: Método de clasificación "American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)".

## A. APLICACIONES DEL SUELO CEMENTO

### **Según el material a estabilizar**

Teniendo en cuenta las propiedades del suelo que se puede mejorar con la adición de cemento, se puede aplicar en diferentes tipos de vías, su uso permite una gran flexibilidad gran flexibilidad, principalmente se ha aprovechado suelo-cemento para la construcción de bases y sub bases de carreteras, cimentaciones, muros, aeropuertos, áreas de almacenamiento, protecciones de presas y protecciones contra la erosión de corrientes de agua.

ASOCEM (2008), menciona las principales aplicaciones del cemento en suelos y son:

- Suelos modificados. Son suelos tratados «in situ» con una cantidad relativamente baja de cemento, con el fin primordial de reducir su plasticidad, la permeabilidad, los cambios de volumen e incrementar su capacidad de soporte y la resistencia al corte. El grado de modificación y mejora en las propiedades depende del tipo de suelo y de la cantidad de cemento empleado.
- Gravas cemento. Se trata de una mezcla de agregados pétreos naturales o artificiales de granulometría continua y reducida cantidad de finos, Cemento Portland y agua. Se utiliza en bases de pavimentos rígidos y en pavimentos asfálticos, sujetos a tránsito medio o pesado; la mezcla endurece después de ser compactada y curada, para formar un material de pavimento durable. El MTC (2013) indica que las propiedades estructurales de bases granulares tratadas con cemento dependen de los agregados, del contenido de cemento, de las condiciones de compactación y curado, y de la edad. La compactación se realiza generalmente con rodillos vibratorios.
- Concretos pobres o econocreto. Las mezclas de «concretos pobres» denominadas también econocreto, tienen reducido contenido

de cemento y permiten el empleo de agregados de baja calidad cuando es necesario, proporcionando pavimentos de bajo costo o capas de base de pavimentos asfálticos. Los pavimentos de econocreto pueden ser considerados como rígidos o semirígidos, de acuerdo al contenido de cemento y el módulo de elasticidad. Generalmente se consideran como semirígidos los pavimentos de concreto con proporciones cemento/agregado del orden 1:20 a 1:24 en volumen. Como rígidos, los constituidos en proporciones más ricas que 1:15. La mayoría de los pavimentos de econocreto encuentran entre las proporciones 1:12 a 1:24.

- Suelo cemento. El suelo cemento es una mezcla íntima de suelo pulverizado, cemento Portland y agua que, compactada a determinada humedad óptima y densidad máxima, produce un material durable, con la resistencia mecánica apropiada para la conformación de capas de base para pavimentos urbanos, carreteras y aeropuertos. Cuando el tránsito no es de importancia puede hacer las veces de capa de rodadura, con gran economía.
- Suelo cemento plástico. Es una mezcla de suelo y cemento endurecida, que contiene al momento de elaborarla suficiente cantidad de agua como para lograr una consistencia similar a la del mortero plástico. Este producto se emplea para taludes, para áreas irregulares o confinadas como puede ser revestimiento de cuentas, donde no es posible empelar equipo de construcción convencional.

### **Según la estructura a ejecutar**

El suelo cemento se puede utilizar en diferentes tipos de estructura a ejecutar, entre las cuales se puede detallar.

- Bases de pavimentos.
- Protección de taludes.
- Recubrimientos donde se requiera baja permeabilidad.

- Estabilización de cimientos.

En todos los casos podemos decir que el suelo cemento es una mezcla íntima de suelo, cemento Portland y agua.

## B. BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO

Céspedes (2002), afirma que el material granular utilizado para la conformación de bases de pavimentos rígidos con la incorporación de cemento, que soportan grande volúmenes de tráfico y grandes cargas por rueda, genera los siguientes beneficios:

- Prevención de bombeo.
- Constituyen un fuerte apoyo impermeable, uniforme y resistente al pavimento.
- Reducción en los esfuerzo de fatiga y deflexión debido a las carga de los vehículos.

Con el empleo de materiales granulares estabilizados con cemento para bases de pavimentos, se logra una mejor distribución de cargas, es decir, la carga se distribuye en mayor área, generando que el espesor de las capas de la estructura del pavimento se reduzcan. En la figura 3, se observa la distribución de cargas propuesta por la PCA, en base de material granular sin estabilizar y estabilizadas (ISCYC, 2006).

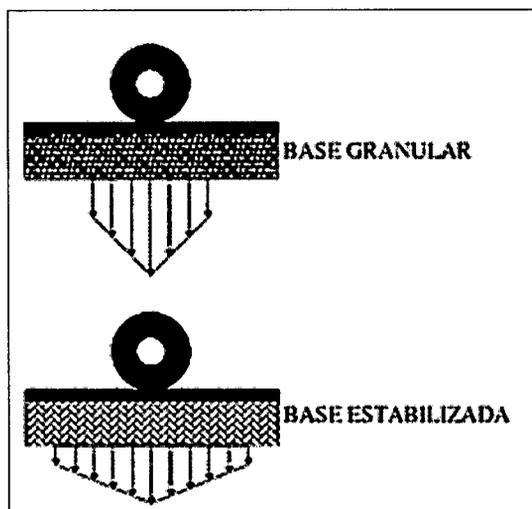


Figura 4: Distribución de esfuerzos en bases granulares sin estabilizar y estabilizada.

- Aportan una plataforma estable de trabajo, facilitando las operaciones de construcción y permitir una colocación de la losa de concreto sin pérdida de tiempo por condiciones climáticas adversas.
- Prevención de la consolidación de la base por efectos del tráfico.
- Logro de una mejor transferencia de carga en las juntas.
- Disminución de la intrusión de partículas duras en el fondo de las juntas.
- Ter una base más resistente a la erosión.

Los materiales granulares que conforman las capas del pavimento, tratadas con cemento deberán cumplir con los requisitos establecidos en el Capítulo 4 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2013), en la sección sub bases y bases, en esta investigación se encuentra en el ítem 2.1.B (bases).

### C. PROCESO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO

La reacción química entre el cemento y los suelos granulares, no plásticos, es menos compleja que con los suelos finos y plásticos.

El cemento que se incorpora al suelo actúa según dos procesos que se describen a continuación, y son:

- Fijación de los iones cálcicos por el suelo

Este primer proceso modifica las propiedades del suelo (LP), los silicatos cálcicos hidratados tornando a la solución del agua en alcalina (pH desde más de 7 hasta aproximadamente 12) con abundancia de calcio que es tomado por el suelo a modificar sus cargas superficiales variando de manera sus condiciones de plasticidad.

- Cementación de las partículas

Modificadas las propiedades de plasticidad del material habiendo sido absorbidos los iones de calcio por el suelo, comienza un segundo proceso en el cual el cemento actúa sobre el suelo adhiriendo sus partículas dando lugar a una cementación casi irreversible que origina una cohesión por cementación que aumenta la resistencia del producto resultante. Ocurre como una modificación íntima en el material de cada partícula que las suelda unas a otras.

En la mezcla de suelo cemento, obtenidos a partir de suelos plásticos, el cemento no se hidrata completamente hasta después de 43 días, valor que se reduce a unos 28 días con suelos granulares no plásticos (IMCYC, 2008).

#### 2.2.4. CEMENTO PORTLAND TIPO I

El tipo del cemento a utilizar puede ser cualquier tipo, sin embargo está en función al contenido de adiciones activas (escorias de hornos, puzolanas naturales y cenizas volantes), se trata de cementos con inicio y final de fraguado suficientemente largos (mayor plazo de trabajabilidad) moderado calor de hidratación (limitada fisuración por retracción) y desarrollo inicial de resistencia lento o que mejoran a largo plazo, en general se deben utilizar cementos de resistencia media o baja, reservando los tipos de cemento superiores para situaciones especiales como la utilización en zonas de clima

frío, si la capa estabilizada se tiene que disponer sobre terrenos yesíferos o que contengan sulfatos, es conveniente aislarla o utilizar cementos resistentes a los sulfatos.

El MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), en la Sección 306B (2005), recomienda que el cemento utilizado en estabilizaciones de suelos será del Tipo Portland que cumpla con la Norma Técnica Peruana NTP334.090, NTP335.090, Norma AASHTO M 85-12 o la Norma ASTM C 150-12, por tal se usará el cemento Portland Tipo I, que es de uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales.

El cemento portland Tipo I es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150-12, se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso que le brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

Debido a su óptima formulación el cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado.

Las propiedades físicas y químicas del cemento Portland Tipo I, según la norma ASTM C 150-12 se indican en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10: Requisitos físicos estándares para cementos Portland Tipo I.

Descripción	Tipo I
Contenido de aire (%)	12.00
Fineza con turbidímetro en m <sup>2</sup> /Kg (mín)	160.00
Fineza por permeabilidad del aire en m <sup>2</sup> /Kg (mín)	280.00
Expansión en autoclave	0.80
Resistencia en compresión en Mpa	
A 3 días	12.40
A 7 días	19.30
Fraguado inicial Gillmore mínimo en minutos	60.00
Fraguado final Gillmore máximo en minutos	600.00
Fraguado inicial Vicat mínimo en minutos	45.00
Fraguado final Vicat máximo en minutos	375.00
Fraguado falso (penetración final) % mín	50.00
Resistencia en compresión mínima a 28 días (Mpa)	27.60

Fuente: Pasquel Carbajal, E. Tópicos de Tecnología del Concreto.

Tabla 11: Requisitos químicos estándares para cementos Portland Tipo I.

Descripción	Tipo I
SiO <sub>2</sub> % mín	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % máx	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % máx	-
MgO % máx	6.00
SO <sub>3</sub> % máx	
Cuando C <sub>3</sub> A es menor o igual a 8%	3.00
Cuando C <sub>3</sub> A es mayor a 8%	3.50
Pérdidas por ignición % máx	3.00
Residuos insolubles % máximo	0.75
C <sub>3</sub> A % máximo	-
(C <sub>3</sub> S + C <sub>3</sub> A) % máx	-
Alcalis (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O) % máx	0.60

Fuente: Pasquel Carbajal, E. Tópicos de Tecnología del Concreto.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

#### **Base**

Capa de material pétreo, que se coloca sobre la sub rasante, debe cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de Carreteras (EG-2013).

#### **Cantera**

Es el sitio de explotación a cielo abierto, para la extracción de materiales pétreos de construcción.

#### **Cemento Portland Tipo I**

Cemento de uso general, se emplea cuando no se requiere propiedades especiales.

#### **Compactación**

Es la densificación del suelo por remoción del aire, lo que requiere energía mecánica (Braja, 2001).

#### **Contenido de humedad óptimo**

Es el contenido de agua necesario, para alcanzar la máxima densidad seca de un suelo.

#### **Densidad seca máxima**

Es la máxima masa de un determinado volumen de suelo seco.

#### **Estabilización**

Proceso físico o químico, mediante el cual se mejora las condiciones mecánicas de un suelo.

#### **Estabilizante**

Producto químico que al ser añadido a una muestra de suelo, modifica sus propiedades.

**Índice de plasticidad**

Es el valor que determina el rango de humedad en el cual un suelo tiene comportamiento plástico.

**Material granular**

Es un conjunto de partículas tangentes entre sí o muy próximas, y sin cohesión o con valores muy pequeños de la misma, es decir, las propiedades de volumen específico dominan sobre la superficie específica, carecen de resistencia a la tracción (Dal-Re, 2001).

**Pavimento Rígido**

Son los pavimentos que están contruidos por losa de concreto de Cemento Portland, la cual distribuye los esfuerzos a la capa inferior que se denomina base (Céspedes, 2002).

**Suelo cemento**

Mezcla de suelo y cantidades medidas en porcentajes de cemento y agua, compactada a alta densidad.

**Valor relativo de soporte**

Es la relación de la resistencia en porcentaje del suelo en estudio, para una penetración determinada, con la resistencia correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Cajamarca, provincia y departamento del mismo nombre; durante el periodo julio - noviembre del año 2014. Los ensayos de la muestra se desarrollaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca y en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos de la Empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL.

#### 3.2. PROCEDIMIENTOS

##### 3.2.1. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Cabe aclarar que la investigación no es un diseño de una estabilización con cemento y material granular, se trata de un estudio y análisis del efecto que tiene el Cemento Portland Tipo I en las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera “El Guitarrero”.

El procedimiento de la investigación, se detalla:

Una vez recolectada la muestra de la cantera El Guitarrero, se realizaron los ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio se realizó al material granular en estado natural y el material granular mezclado con los diferentes porcentajes de Cemento Portland Tipo I (1%, 2% y 4%), para determinar sus propiedades físicas mecánicas.

Los resultados de los ensayos de laboratorio del material granular en estado natural se compararon con los resultados del material con adicciones de cemento; así se determinaron las variaciones que existen en las propiedades físico mecánicas y se contrastó con la hipótesis planteada.

Finalmente se evaluó los resultados y se dio las conclusiones y recomendaciones referentes a la investigación.

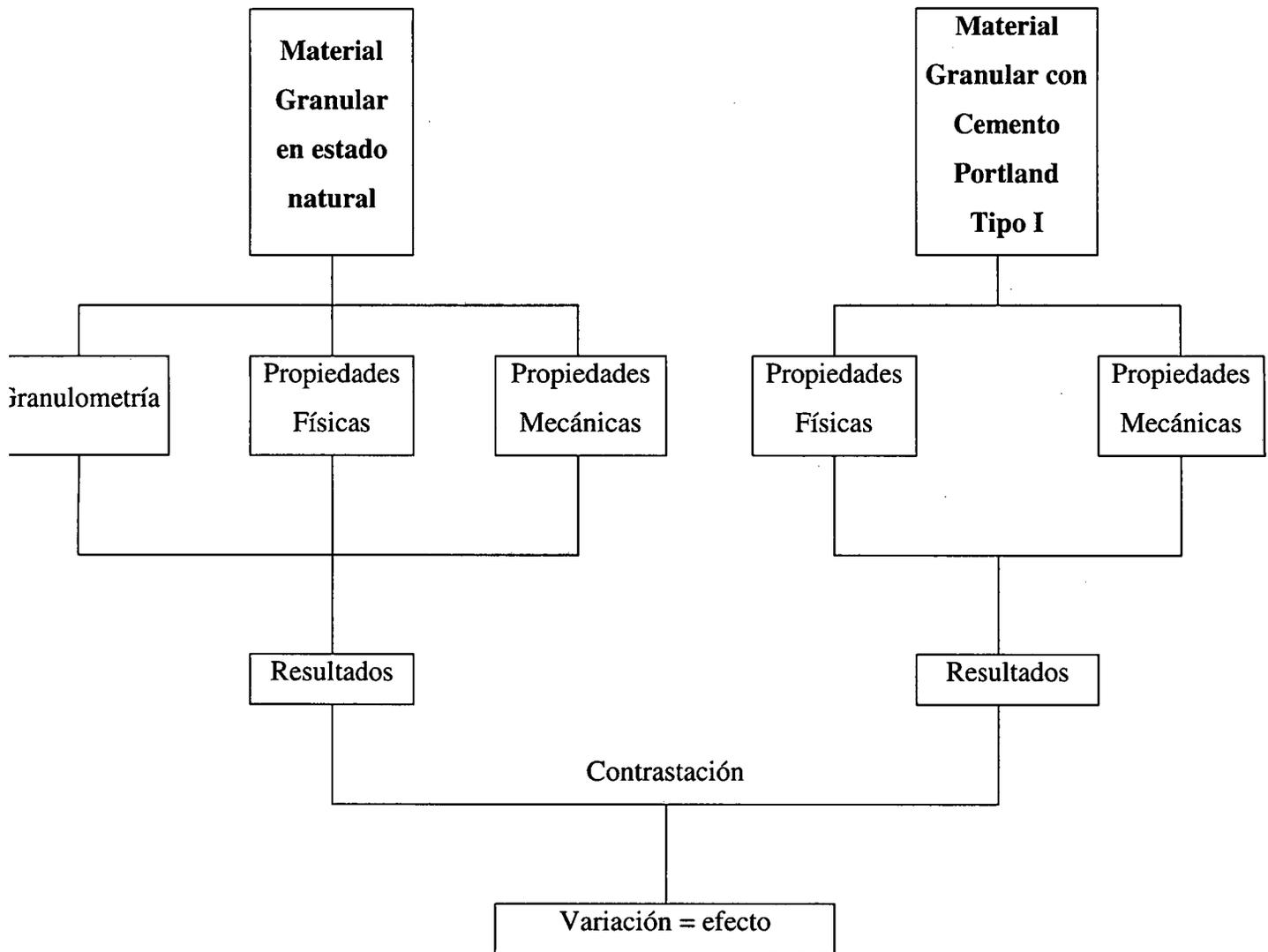


Figura 5: Diagrama del circuito experimental para la evaluación del efecto del Cemento Portland Tipo I en las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero.

### 3.2.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los ensayos para determinar las propiedades físicas mecánicas del proyecto de investigación se realizaron según las normas ASTM, AASHTO y MTC.

Tabla 12: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Fuente	Técnica	Instrumentos
Granulometría	Observación directa	MTC E107, ASTM D 422-02 y AASHTO T 88-00
Contenido de humedad	Observación directa	MTC E108, ASTM D 2216-10
Ensayo de Límite de plasticidad	Observación directa	MTC E110, ASTM D 4318-00 y AASHTO T 89-10
Ensayo de Límite líquido	Observación directa	MTC E111, ASTM D 4318-00 y AASHTO T 90-00
Ensayo de compactación con energía modificada	Observación directa	MTC E115, ASTM D 1557-12 y AASHTO T 180-01
Ensayo de CBR	Observación directa	MTC E132, ASTM D 1883-05 y AASHTO T 193-10
Ensayo de abrasión	Observación directa	MTC E207, ASTM C 131-03 y AASHTO T 96-02

- La muestra del material granular, se recolectó según la Guía para Muestreo de Suelos y Rocas MTC E 101 – 2000, del Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01), tomando como base la Norma ASTM D 420-98.
- Los protocolos de ensayos utilizados fueron del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos, de la empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL, los que se presentan en los anexos. Los ensayos se desarrollaron en este laboratorio por presentar equipo calibrados, según certificados de calibración presentado en los anexos; otras de las razones son, por disponibilidad de equipos para realizar los ensayos

**Granulometría.** Es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

**Contenido de humedad.** Ensayo que nos permite determinar el contenido de humedad del material granular en estado natural.

**Ensayo de límite líquido.** Es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

**Ensayo de límite plástico.** Es la humedad más baja con que pueden formarse barritas de suelo de 3.2 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen.

**Ensayo de compactación con energía modificada.** Este ensayo abarca los procedimientos de compactación, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos compactados en un molde de 4 o 6" de diámetro, con un pistón de 10 lbf que cae desde una altura de 18", produciendo una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

**Ensayo de CBR.** Ensayo que permite determinar el índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR, éste índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de sub rasante y de las capas de base, sub base y de afirmado.

**Ensayo de abrasión.** Este ensayo se emplea para determinar la resistencia al desgaste de los agregados naturales o triturados, empleando la Máquina de los Ángeles con una carga abrasiva.

### 3.2.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

#### **Molde de 6" Próctor Modificado**

El molde debe ser cilíndrico hechos de materiales rígidos, debe tener un plato base y un collar de extensión. El diámetro interior debe tener en promedio 6"  $\pm$  0.026", una altura de 4.584"  $\pm$  0.018" y un volumen de 0.075 pie<sup>3</sup>  $\pm$  0.0009 pie<sup>3</sup>.

### **Pistón o martillo Próctor Modificado**

La masa del pistón será  $10 \pm 0.02$  lm-m ( $4.54 \pm 0.01$  kg). La cara golpeante es plana y circular con un diámetro de  $2 \pm 0.005$ ".

### **Molde de 6" CBR**

Molde de metal cilíndrico, de  $152.4\text{mm} \pm 0.66\text{mm}$  ( $6 \pm 0.026$ ") de diámetro interior y de  $177.8\text{mm} \pm 0.46\text{mm}$  ( $7 \pm 0.018$ ") de altura y una placa de base perforada de  $9.53$  mm ( $3/8$ ") de espesor. La base se ajusta a cualquier extremo del molde.

### **Máquina de compresión hidráulica**

Utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen, esta máquina es utilizada en ensayos de compresión, el pistón de penetración se aloja en el cabezal de la máquina, el pistón utilizado es metálico y de sección transversal circular de  $46.63$  mm  $\pm 0.13$  mm, de diámetro; área de  $19.35$  cm<sup>2</sup> ( $3$  pulg<sup>2</sup>); su longitud es mayor a  $101.6$  mm ( $4$ ").

## **3.3. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Experimental, pues la variable independiente produce un efecto en las variables dependientes; es decir, los resultados obtenidos en las variables dependientes están en función de la cantidad de adición de Cemento Portland Tipo I, a esto se le conoce, como manipulación de variable independiente. La experimentación se dará realizando ensayos repetitivos para verificar la hipótesis.

La investigación seguirá los criterios más importantes, que se exponen en la tabla 13, basada en Vieytes (2004).

Tabla 13: Tipificación del proyecto de investigación.

<b>Criterio</b>	<b>Tipo de Investigación</b>
Finalidad	Aplicada
Estrategia	Cuantitativa
Objetivos	Explicativa
Fuente de datos	Primaria
Diseño de prueba de la hipótesis	Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde se desarrolla	Laboratorio
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

Fuente: Vieytes (2004).

### 3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño aplicado a este proyecto de investigación es experimental, se efectuó siguiendo las Normas ASTM, AASHTO y las Especificaciones Técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones vigentes.

Los niveles de la variables independientes (1%, 2% y 4% de Cemento Portland Tipo I) y los tratamientos aplicados a las variables dependientes (índice de plasticidad, densidad seca máxima y CBR), resultantes de la adición de cemento, se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14: Variables, niveles de las variables y tratamientos es estudio.

VARIABLE	NIVEL	TRATAMIENTOS	CODIGO
Dosis de cemento	Dosis 0	DOSIS 0 + PROP 1	D0P1
Portland Tipo I	Dosis 1	DOSIS 0 + PROP 2	D0P2
	Dosis 2	DOSIS 0 + PROP 3	D0P3
	Dosis 3	DOSIS 1 + PROP 1	D1P1
Propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera el Guitarreo, utilizado para bases de pavimentos rígidos	Prop 1	DOSIS 1 + PROP 2	D1P2
	Prop 2	DOSIS 1 + PROP 3	D1P3
	Prop 3	DOSIS 2 + PROP 1	D2P1
		DOSIS 2 + PROP 2	D2P2
	DOSIS 2 + PROP 3	D2P3	
	DOSIS 3 + PROP 1	D3P1	
	DOSIS 3 + PROP 2	D3P2	
DOSIS 3 + PROP 3	D3P3		

El número de réplicas de cada ensayo, en este caso se ha considerado 03 para obtener resultados confiables, cuyos valores serán aceptados si se encuentran en el margen de variación según norma que rige cada ensayo.

Tabla 15: Matriz experimental de diseño y niveles de las variables en estudio.

Propiedades físico mecánicas	Porcentajes de adiciones de Cemento Portland Tipo I			
	0%	1%	2%	4%
Índice de plasticidad (%)	P1D0-1	P1D1-1	P1D2-1	P1D3-1
	P1D0-2	P1D1-2	P1D2-2	P1D3-2
	P1D0-3	P1D1-3	P1D2-3	P1D3-3
Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	P2D0-1	P2D1-1	P2D2-1	P2D3-1
	P2D0-2	P2D1-2	P2D2-2	P2D3-2
	P2D0-3	P2D1-3	P2D2-3	P2D3-3
CBR (%)	P3D0-1	P3D1-1	P3D2-1	P3D3-1
	P3D0-2	P3D1-2	P3D2-2	P3D3-2
	P3D0-3	P3D1-3	P3D2-3	P3D3-3

Donde:

Dosis 0 = 0% de Cemento Portland Tipo I (material granular en estado natural).

Dosis 1 = 1% de Cemento Portland Tipo I.

Dosis 2 = 2% de Cemento Portland Tipo I.

Dosis 4 = 4% de Cemento Portland Tipo I.

Prop 1 = Índice de Plasticidad.

Prop 2 = Densidad Seca Máxima.

Prop 3 = CBR.

Número total de ensayos realizados es igual a:

Número de variables independientes x Número de variables dependientes x

Número de réplicas, esto es:

$$3 \times 4 \times 3 = 36$$

Los resultados de los ensayos de laboratorio, usando cemento Portland Tipo I como estabilizantes del material granular, se compararon con los ensayos de la muestra de material granular en estado natural, y se determinó el efecto que produce el cemento en las propiedades físico mecánicas.

Al realizar los ensayos se determinó que al adicionar el 1% de Cemento Portland Tipo I, se mejoró el CBR más del 100%, es por esta razón que los ensayos con las adicione de 2% y 4% se realizaron en una sola muestra.

### 3.3.3. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

La muestra de la investigación, fue el material granular de la cantera El Guitarrero, utilizado para bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca, se obtuvo de la zona que se está extrayendo el material granular, denominada Don Lucho I.

La cantera EL Guitarrero se ubica en la margen derecha de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios a 5 km desde Cajamarca. Tiene las siguientes coordenadas UTM:

Este = 775360.00

Norte = 9203375.00

Cota = 2965.00

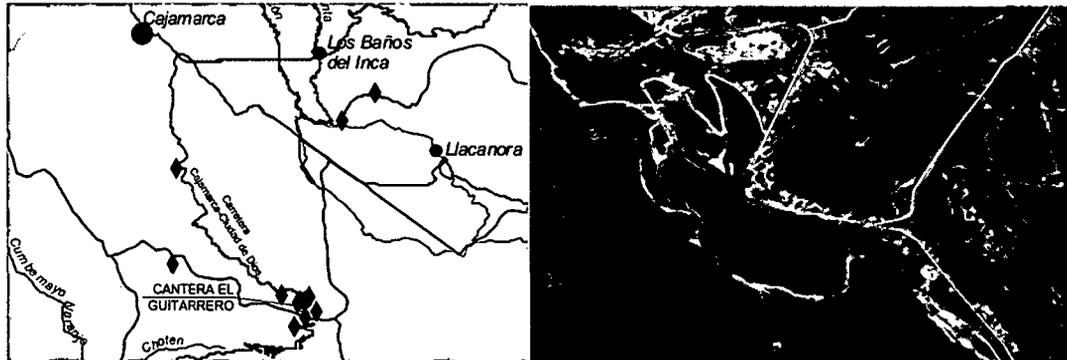


Figura 6: Ubicación de la cantera El Guitarrero.

Producción. Los materiales que produce la cantera son: Afirmado, arena gruesa; diario tiene una producción de 100 m<sup>3</sup>.

Área. El área a explotar de la cantera es de 9.8 hectáreas.

#### 3.3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Para esta investigación, la unidad de análisis fue el material granular de la cantera el Guitarrero utilizado para bases de pavimentos rígidos, con 0%, 1%, 2% y 4% de cemento Portland Tipo I.

#### 3.3.5. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La recolección de muestras, se llevó a cabo siguiendo la Guía para Muestreo de Suelos y Rocas MTC E 101 – 2000, del Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01), tomando como base la Norma ASTM D 420-98.

Los procedimientos de los ensayos estuvieron basados en las normas técnicas del MTC, ASTM y AASHTO, las que figuran en la Tabla 11.

Los protocolos de ensayos utilizados fueron del Laboratorio de Mecánica de suelos, Concreto y Pavimentos, de la empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL. Los que se presentan en los anexos.

- Granulometría. Determina cuantitativamente de la distribución de tamaños de partículas de suelo.
- Contenido de humedad. Ensayo que nos permite determinar el contenido de humedad de un suelo.
- Ensayo de límite líquido. Es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.
- Ensayo de límite plástico. Es la humedad más baja con que pueden formarse barritas de suelo de 3.2 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen.
- Ensayo de compactación con energía modificada. Este ensayo abarca los procedimientos de compactación, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos compactados en un molde de 4 o 6" de diámetro, con un pistón de 10 lbf que cae desde una altura de 18", produciendo una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.
- Ensayo de CBR. Ensayo que permite determinar el índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR, éste índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de sub rasante y de las capas de base, sub base y de afirmado.

- Ensayo de abrasión. El ensayo se emplea para determinar la resistencia al desgaste de los agregados naturales o triturados, empleando la Máquina de los Ángeles con una carga abrasiva.

### 3.3.6. PRESENTACION DE RESULTADOS.

El tratamiento de datos que se realizó en esta investigación, fue mediante estadística descriptiva, utilizando el programa Microsoft Excel para el procesamiento de los mismos.

La presentación de los resultados obtenidos se realiza mediante tablas de datos y figuras con el fin de obtener datos ordenados y confiables.

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para determinar las propiedades físicas mecánicas del material granular de la cantera el Guitarrero tanto en estado natural y con adiciones de Cemento Portland Tipo I, se han realizado los ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, compactación con energía modificada, CBR, abrasión.

Del análisis granulométrico, se determinó que el material granular utilizado para la investigación pertenece a la gradación D, según Tabla 1 y Figura 7.

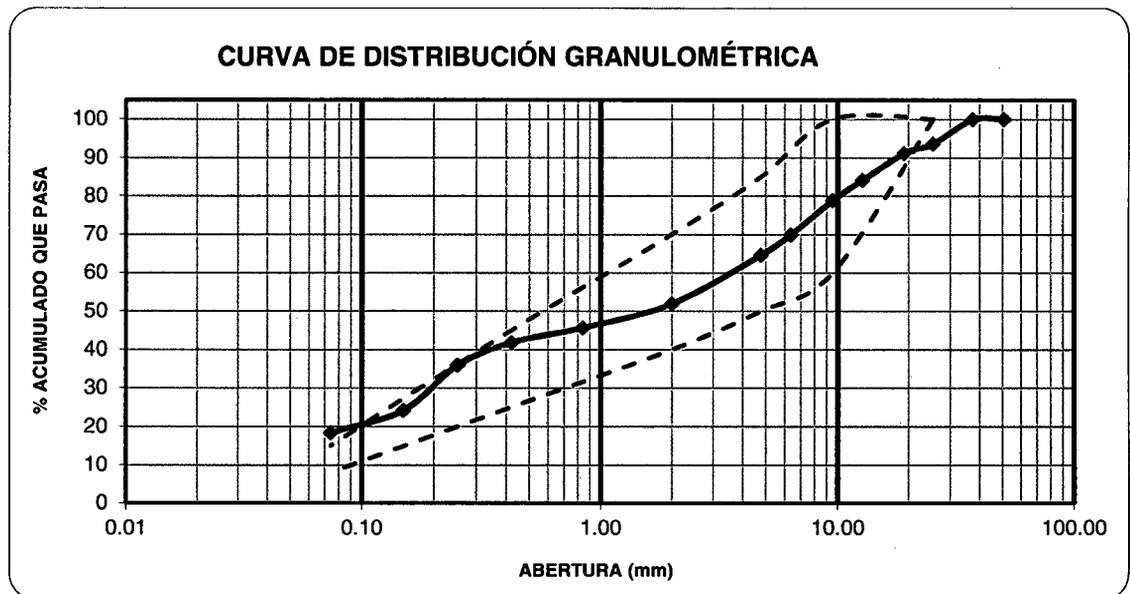


Figura 7: Curva granulométrica y gradación D.

Con los resultados de granulometría y límites de consistencia se clasificó el suelo mediante los sistemas SUCS y AASHTO (Tabla 16)

Tabla 16: Clasificación de suelo y propiedades físicas del material granular en estado natural.

Muestra N°	% que pasa la malla 200	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Contenido de Humedad (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
1	18.12	19.00	NP	NP	4.20	GM	A-1-b
2	15.92	20.00	NP	NP	4.37	GM	A-1-b
3	11.02	20.00	NP	NP	4.49	GM	A-1-b
Promedio	15.02	20.00	NP	NP	4.35	GM	A-1-b

Al material granular en estado natural, se le añade los porcentajes de cemento establecidos y se ejecuta los mismos ensayos para determinar los límites de consistencia, realizados al material en estado natural.

Los límites de consistencia del material granular con adiciones de Cemento Portland Tipo I en 1%, se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17: Límites de consistencia del material granular con Cemento Portland Tipo I en 1%.

Muestra N°	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
1	18.00	NP	NP
2	18.00	NP	NP
3	19.00	NP	NP
Promedio	18.00	NP	NP

Los límites de consistencia del material granular con adiciones de Cemento Portland Tipo I en 2% y 4%, se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18: Límites de consistencia del material granular con Cemento Portland Tipo I en 2% y 4%.

<b>Cemento Portland Tipo I</b>	<b>Límite Líquido (%)</b>	<b>Límite Plástico (%)</b>	<b>Índice de Plasticidad (%)</b>
2%	17.00	NP	NP
4%	16.00	NP	NP

Una vez realizado la clasificación de suelo, se procede a realizar los ensayos de compactación con energía modificada, cuando se cuenta con los resultados de la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptimo se procede a realizar los ensayos de CBR y abrasión.

Las propiedades mecánicas del material granular en estudio, en estado natural, se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19: Propiedades mecánicas del material granular en estado natural.

<b>Muestra N°</b>	<b>Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Contenido de Humedad Óptimo (%)</b>	<b>CBR (%), al 100% de la MDS</b>	<b>Abrasión (%)</b>	<b>Esponjamiento (%)</b>
1	2.19	5.90	45.40	44.21	0.16
2	2.21	5.80	43.71	49.41	0.13
3	2.21	6.00	46.33	47.02	0.11
Promedio	2.20	5.90	45.15	47.15	0.13

De igual forma que para el material granular en estado natural, se procede a realizar los ensayos de compactación con energía modificada, CBR y abrasión.

Las propiedades mecánicas del material granular con adiciones de Cemento Portland Tipo I en 1%, se observan en la Tabla 20.

Tabla 20: Propiedades mecánicas del material granular con Cemento Portland Tipo I en 1%.

Muestra N°	Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido de Humedad Óptimo (%)	CBR (%), al 100% de la MDS	Esponjamiento (%)
1	2.22	5.80	149.86	0.10
2	2.20	5.90	143.73	0.11
3	2.22	5.70	139.69	0.11
Promedio	2.21	5.80	144.43	0.11

Las propiedades mecánicas del material granular con adiciones de Cemento Portland Tipo I en 2% y 4%, se observan en la Tabla 21.

Tabla 21: Propiedades mecánicas del material granular con Cemento Portland Tipo I en 2% y 4%.

Cemento Portland Tipo I	Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido de Humedad Óptimo (%)	CBR (%), al 100% de la MDS	Esponjamiento (%)
2%	2.23	5.60	285.68	0.09
4%	2.25	5.50	663.80	0.05

La variación representativa en porcentajes de las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero, al adicionarle el 1%, 2% y 4% de cemento Portland Tipo I en peso, se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22: Variación de las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero con adiciones de Cemento Portland Tipo I.

<b>Propiedades físico mecánicas</b>	<b>Cemento Portland Tipo I (%)</b>			
	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>4.00</b>
Índice plástico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Límite líquido (%)	0.00%	10.00%	15.00%	20.00%
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	0.00%	0.45%	1.36%	2.27%
Contenido de humedad óptimo (%)	0.00%	1.69%	5.08%	6.78%
CBR (%) al 100% de MDS	0.00%	219.89%	532.74%	1370.21%
Esponjamiento (%)	0.00%	15.38%	30.77%	61.54%

#### 4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los objetivos trazados para la investigación, se evalúa el efecto que produce la adición del Cemento Portland Tipo I al material granular de la cantera El Guitarrero en las propiedades físico mecánicas: índice de plasticidad, máxima densidad seca, contenido de humedad óptimo y CBR, en los términos siguientes:

De la Figura 7, se observa que el materia granular, está dentro de la gradación D, del requerimiento granulométrico para sub bases granulares (Tabla 1). La gradación D presenta un material con alto porcentaje de material fino, siendo un 46% de material que pasa el tamiz N°4.

De las Tablas 16 y 19, se observa en general que todas las muestras en estado natural cumplen con las especificaciones generales de construcción para sub bases granulares (Tabla 2) y es material idóneo para ser utilizado en estabilización con cemento, según Tabla 5 e ítem 2.2.3.

De las Tablas 16, 17 y 18, se determina el efecto de las adiciones de cemento en sus diferentes porcentajes, en los límites de consistencia del material granular, Tabla 23.

Tabla 23: Efecto del Cemento Portland Tipo I en los límites de consistencia del material granular.

Propiedades Físicas	Cemento Portland Tipo I			
	0%	1%	2%	4%
Límites de consistencia				
Límite líquido	20%	18%	17%	16%
Límite plástico	NP	NP	NP	NP
Índice de plasticidad	NP	NP	NP	NP

Con los resultados de la Tabla 23, se determina la tendencia del efecto que produce el cemento en los límites de consistencia del material granular (Figura 8).

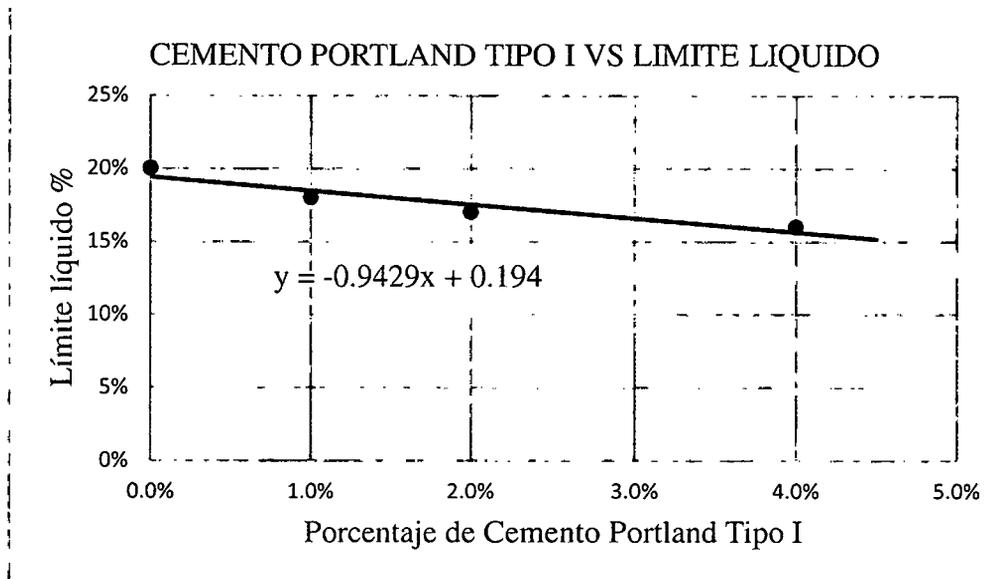


Figura 8: Efecto del Cemento Portland Tipo I en Límite líquido.

De la Figura 8, se observa que al incrementar la adición de cemento al material granular, disminuye el límite líquido en función del porcentaje del cemento adicionado, es decir, el suelo es más estable y sus variaciones volumétricas son menores.

El efecto del cemento en el límite líquido está dado por la siguiente función:

$$Y = 0.194 - 0.9429X$$

Respecto al índice de plasticidad, valor que determina si un suelo es plástico, no ha sido afectado con las adiciones de cemento, por ser el material granular, un suelo no plástico.

De las Tablas 19, 20 y 21, se determina el efecto del cemento, en sus diferentes porcentajes, en las propiedades mecánicas del material granular, Tabla 24.

Tabla 24: Efecto del Cemento Portland Tipo I en las propiedades mecánicas del material granular.

Propiedades	Cemento Portland Tipo I			
	0%	1%	2%	4%
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.20	2.21	2.23	2.25
Contenido de humedad óptimo (%)	5.90	5.80	5.60	5.50
CBR (%) al 100% de MDS	45.15	144.43	285.68	663.80
Esponjamiento (%)	0.13	0.11	0.09	0.05

Con los resultados de la Tabla 24, se determina la tendencia del efecto que produce el cemento en la máxima densidad seca del material granular (Figura 9).

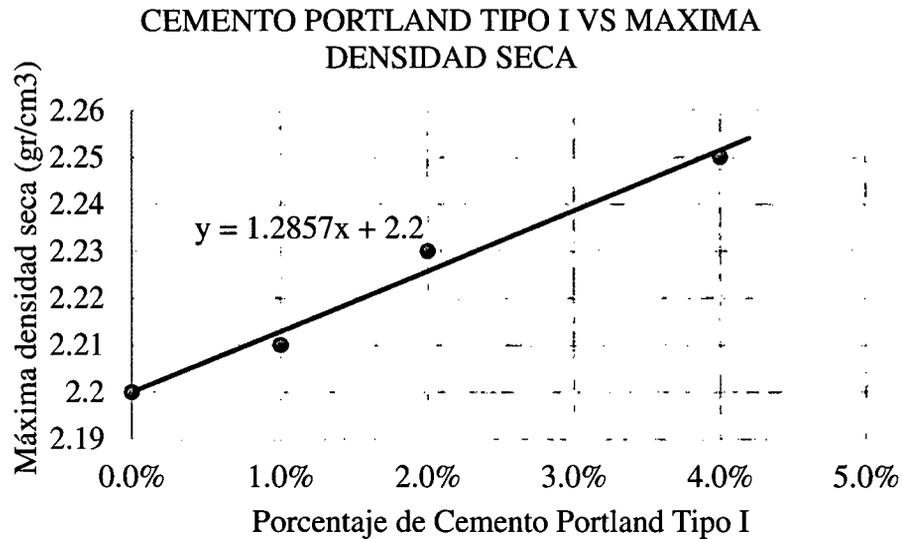


Figura 9: Efecto del Cemento Portland Tipo I en la MDS.

De la Figura 9, se observa que al incrementar la adición de cemento al material granular, la máxima densidad seca aumenta en función del porcentaje del cemento adicionado. A medida que aumenta la densidad seca máxima de un suelo, se va a reducir el asentamiento y consecuentemente el cambio volumétrico de la capa del material granular que conforma la base del pavimento rígido, amplificando con ello su resistencia, menor permeabilidad, con lo que se reducen los efectos del bombeo en el pavimento (Garber, Nicholas J; Hoel, Lester A; 2007).

El efecto del cemento en la máxima densidad seca está dado por la siguiente función:

$$Y = 2.2 + 1.2857X$$

En la Figura 10, se observa el efecto que produce el cemento en el contenido de humedad óptimo del material granular.

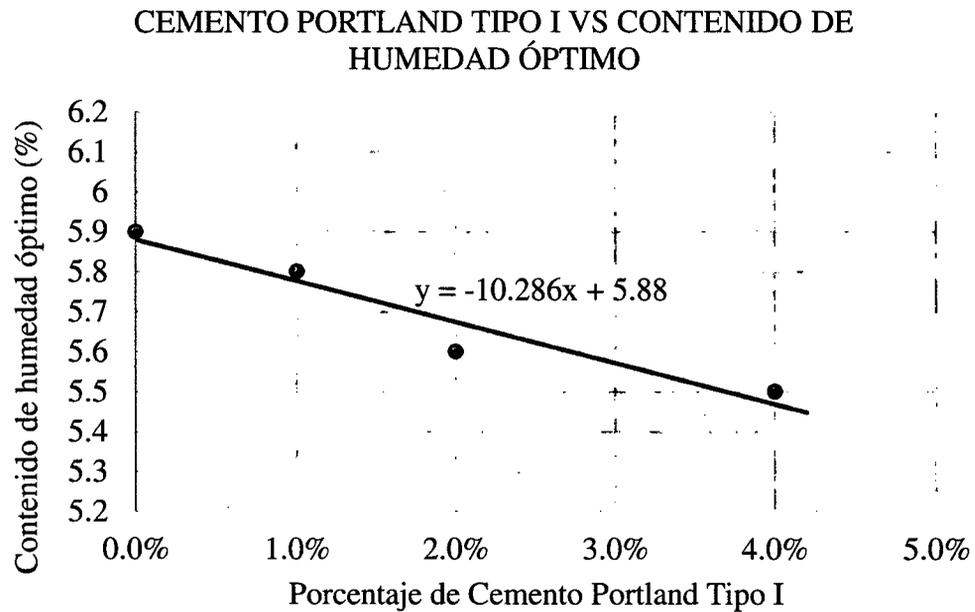


Figura 10: Efecto del Cemento Portland Tipo I en el contenido de humedad óptimo.

De la Figura 10, se observa que al incrementar la adición de cemento al material granular, el contenido de humedad óptimo disminuye en función del porcentaje del cemento adicionado.

El efecto del cemento en el contenido de humedad óptima está dado por la siguiente función:

$$Y = 5.88 - 10.286X$$

Soza y Bustamante (2003), en su investigación indican que la mayoría de suelos granulares estabilizados con cemento, disminuyen el contenido de humedad óptimo respecto al material granular en estado natural y la máxima densidad seca aumenta con el cemento adicionado, estos resultados respaldan los dato obtenidos en esta investigación.

En la Figura 11, se observa el efecto que produce el cemento en el CBR al 100% de la MDS del material granular.

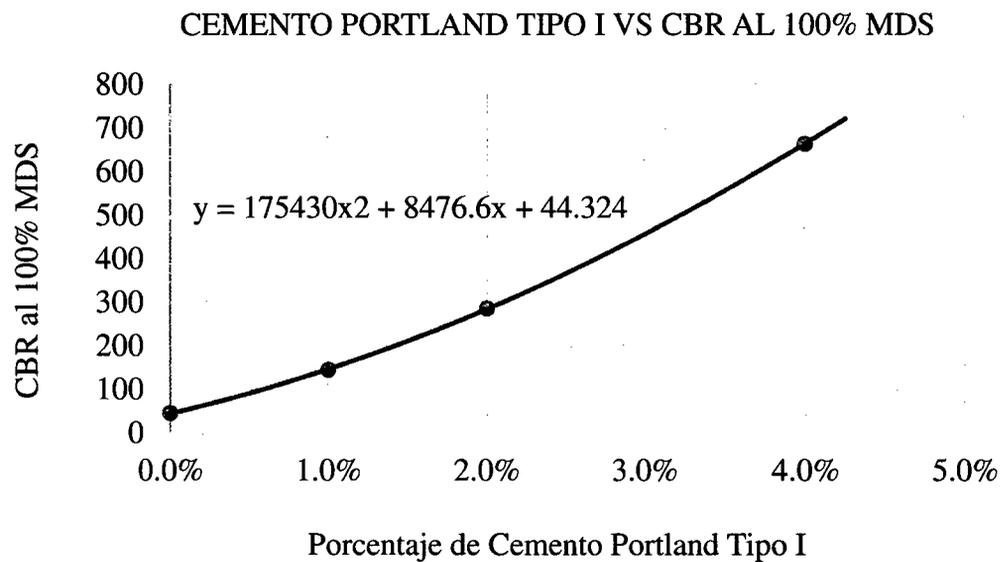


Figura 11: Efecto del Cemento Portland Tipo I en el CBR al 100% de la MDS.

De la Figura 11, se observa que al incrementar la adición de cemento al material granular, el CBR al 100% de la MDS aumenta en función del porcentaje del cemento adicionado, es decir la resistencia al corte del suelo aumenta.

El efecto del cemento en el contenido el CBR está dado por la siguiente función:

$$Y = 44.324 + 8476.6X + 175430X^2$$

De los resultados se observa que esta propiedad aumenta considerablemente, en un rango de 0% a 1370%, según este resultado no es justificable adicionar cemento en porcentajes mayores del 1%, por resultar antieconómico.

El CBR en cualquier mezcla de suelo cemento, especialmente los formados con suelos de material granular alcancen sistemáticamente valores tan altos de CBR, que su interpretación se hace poco clara.

Otra propiedad que vale la pena mencionar, que es afectada por la adición de cemento es el esponjamiento, Figura 12.

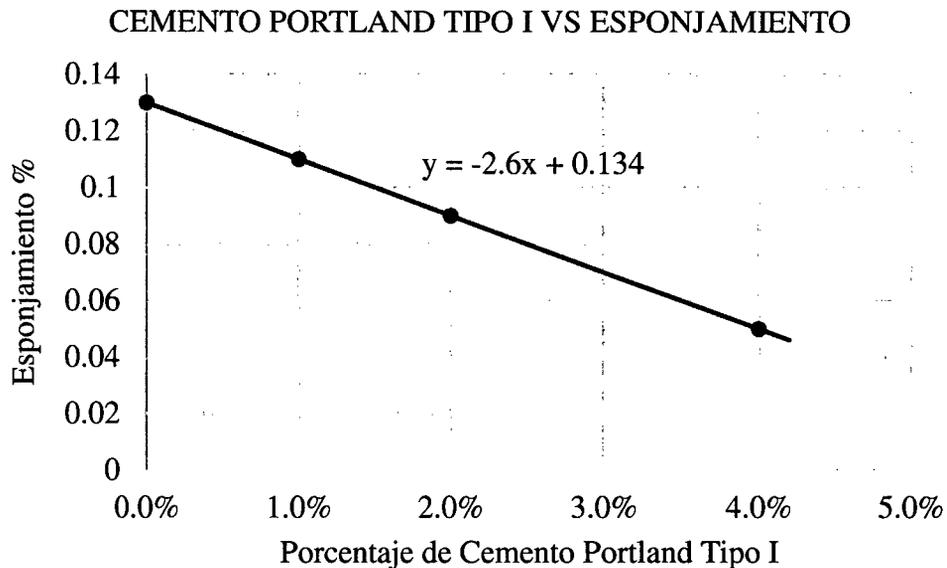


Figura 12: Efecto del Cemento Portland Tipo I en el esponjamiento.

De la Figura 12, se observa que al incrementar la adición de cemento al material granular, el porcentaje de esponjamiento disminuye en función del porcentaje del cemento adicionado.

El efecto del cemento en el porcentaje de esponjamiento está dado por la siguiente función:

$$Y = 0.134 - 2.6X$$

#### 4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Según el planteamiento de la hipótesis, se verificó que la incorporación de Cemento Portland Tipo I en los porcentajes de 1%, 2% y 4% en peso del material granular, como estabilizante, mejora las propiedades físicas mecánicas del material granular de la cantera El Guitarrero, para bases de pavimentos rígidos.

A medida que se incrementa la adición de cemento desde 1% hasta el 4%, el límite líquido y el contenido de humedad óptimo disminuyen, la máxima densidad seca y el CBR aumentan.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- El Cemento Portland Tipo I, no tuvo efecto en el índice de plasticidad del material granular de la cantera El Guitarrero, por ser un suelo no plástico y el límite líquido disminuyó, en un rango de 0% hasta 20% respecto al material en estado natural.
  
- El Cemento Portland Tipo I en 1% de adición en peso del material granular, aumentó la máxima densidad seca en 0.45%, con 2% de adición, aumentó en 1.36% y con 4% de adición aumentó en 2.27% de la máxima densidad seca, respecto al material en estado natural de la cantera El Guitarrero. El contenido de humedad óptimo disminuyó 1.69% al adicionarle 1% de cemento, al adicionarle 2% de cemento disminuyó 5.08% y al adicionarle 4% de cemento disminuyó 6.78%, respecto al material en estado natural.
  
- El Cemento Portland Tipo I en 1% de adición en peso del material granular, aumentó el valor del CBR al 100% de la MDS en 219.89%, con 2% de adición aumentó 532.74% y con 4% de adición aumentó el valor en 1370.21% respecto al material en estado natural de la cantera El Guitarrero.
  
- El valor del CBR al 100% de la MDS, adicionando 1% de cemento en peso del material granular de la cantera El Guitarrero, es mayor del 100%, por lo que no es útil adicionar cemento en mayores porcentajes.

#### 5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto del Cemento Portland Tipo I en adiciones menores del 1% en el material granular de la cantera El Guitarrero.
  
- Evaluar métodos para mejorar la gradación del material granular de la cantera El Guitarrero, mezclado con material granular de río, para ser utilizado en altitudes mayores a 3000 msnm.

- Evaluar la influencia de los resultados obtenidos, en el diseño del espesor de la losa de concreto del pavimento rígido.
- Evaluar la diferencia en costos, al utilizar estabilizante, en el material granular de la cantera El Guitarrero para bases de pavimentos rígidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- Badillo, J; Rodríguez, R. Mecánica de suelos, teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. 2 ed. México. Limusa. Tomo 2, 703 p.
- Braja, MD. 2001. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México. Thomson. 594 p.
- Céspedes, J. 2002. Pavimentos de Carreteras y Aeropuertos. 1 ed. Cajamarca, Pe. Editorial Universidad Nacional De Cajamarca. 320 p.
- Dal-Ré, RT. 2001. Caminos Rurales, Proyecto y Construcción. 3 ed. Barcelona, Es. Mundi-Prensa. 224 p.
- Garber, NJ; Hoel, LA. 2005. Ingeniería de tránsito y carreteras. 3 ed. México. Thomson. 1150 p.
- Llorach, J. 1992. Manual de diseño estructural de pavimentos. Chiclayo, Pe. Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de Lambayeque. 129 p.
- Medio de Construcción: Materiales y Métodos. s.f. Pavimentos. N°10. 48 p.
- Menéndez, J. 2013. Ingeniería de Pavimentos: Materiales y variables de diseño. 4 ed. Lima, Pe. ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia). Tomo 1, 292 p.
- Montejo, A. 2002. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2 ed. Bogotá, C. Tomo 1, 378 p.
- Paredes, FC. 2008. Estudio de la estabilización con suelo-cemento para la base de una carretera usando agregados provenientes de la cantera Azufral Añashuaico. Lima, Pe. ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia). 4 p.
- Rico, A; Castillo, H. 2005. La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas. México. Limusa. v.2, 645 p.

### NORMAS CITADAS

- EG-2013. Manual de Carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción.
- EG-2013. Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos. 346 p.
- CE.020. Estabilización de suelos y taludes. 28 p.
- CE.010. Pavimento urbanos. 79 p.

- MTC E 107. Análisis granulométrico por tamizado. 5 p.
- MTC E 108. Contenido de humedad de un suelo. 7 p.
- MTC E 110. Límite líquido de los suelos. 10 p.
- MTC E 111. Límite plástico e índice de plasticidad. 3 p.
- MTC E 115. Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada. 23 p.
- MTC E 132. CBR de suelos. 11 p.
- MTC E 207. Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½”). 8 p.
- ASTM D 1242. Materials for Soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses. 3 p.
- ASTM D 4718. Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles.

#### TESIS CITADAS

- Murillo V, EX. 2010. “Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño”. Maestría en Geología Aplicada y Geotecnia. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca. 190 p.
- Roncal, M; Urteaga JL. 2008. Estabilización de la base de un pavimento rígido con cemento Portland Tipo I, utilizando las canteras: Don Lucho y Huayrapongo. Título Profesional. Cajamarca, Pe. Universidad Nacional de Cajamarca. 164 p.
- Soza, M; Bustamante, J. 2003. Estudio de alternativa para estabilización de suelos con material existente en el camino “El Boquete – Santa Ana”. Master en Ingeniería del Transporte. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”. 235 p.

#### SITIOS WEB

- Instituto del Cemento Portland Argentino, ICPA. 1996. Aplicación de suelo cemento en caminos vecinales y rurales (en línea). Buenos Aires, A. Consultado 22 ago. 2014. Disponible en:  
<http://www.icpa.org.ar/>
- Instituto de la Construcción y Gerencia, ICG. 2003. Estudio de la estabilización con suelo cemento para la base de una carretera usando agregado provenientes de la

cantera Azufrañal Añashuaico (en línea). Lima, P. Consultado 26 jul. 2014. Disponible en:

<http://construccion.org.pe/>

- Asociación de Productores de Cemento, ASOCEM. 1998. El Cemento Portland y su aplicación en pavimentos (en línea). Lima, P. Consultado 12 ago. 2014. Disponible en: <http://www.asocem.org.pe/>
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, IECA. 2008. Manual de estabilización de suelos con cemento o cal (en línea). Madrid, E. Consultado 24 jul. 2014. Disponible en: <https://www.ieca.es/>
- Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, ISCYC. 2006. El estado del arte del suelo cemento en estructuras de pavimentos (en línea). San Salvador, ES. Consultado 18 ago. 2014. Disponible en: <http://www.iscyc.net/>
- Holcim. 2003. Estabilización de suelo, rellenos, reparaciones (en línea). Madrid, E. Consultado 30 ago. 2014. Disponible en: <http://www.holcim.es/>
- Cementos Pacasmayo. 2014. Cemento Portland Tipo I (en línea). Perú. Consultado 8 ago. 2014. Disponible en: <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>

# ANEXOS

# ENSAYOS DE SUELOS



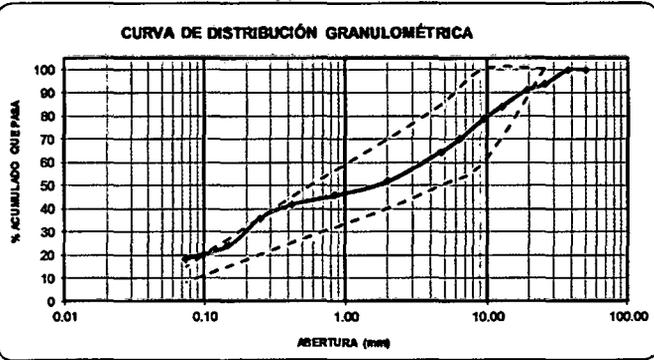
**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 224 RUC: 20453782761 Telefax: 076-365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Santa Herrera Rojas		
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Lique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA	Material granular en estado natural-(1)	FECHA:	miércoles, 24 de septiembre de 2014
---------	---	--------	-------------------------------------

PESO SECO INICIAL  gr. **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D 422)**

TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA	PESO RETENIDO	% RTDO ACUM	% ACUM. QUE PASA
3"	75.000	-	-	100.00
2"	50.800	-	-	100.00
1 1/2"	37.500	-	-	100.00
1"	25.400	440.00	6.35	93.65
3/4"	19.100	169.00	8.79	91.21
1/2"	12.700	458.00	15.83	84.17
3/8"	9.520	367.00	21.13	78.87
1/4"	6.350	618.00	30.05	69.95
Nº 4	4.760	368.50	35.34	64.66
Nº 10	2.000	881.24	48.06	51.94
Nº 20	0.840	429.18	54.25	45.75
Nº 40	0.420	267.10	58.10	41.90
Nº 80	0.250	411.61	64.04	35.96
Nº 100	0.149	316.50	75.83	24.17
Nº 200	0.074	398.77	81.58	18.42
Cazoleta	-	1,278.10	100.00	-



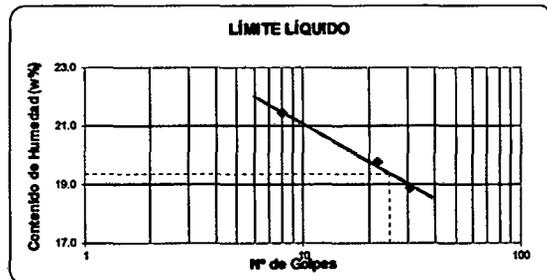
HUSO GRANULOMÉTRICO "EG 203 - SECCIÓN 402 - SUBBASES GRANULARES"

Bloques (>300 mm):	0.00%	Gravas (4.76 mm- 75 mm):	35.34%	Diámetro Efectivo D <sub>10</sub> :	2.50	Coefficiente de Uniformidad (Cu):	N.P
Bolones (150 mm- 300 mm):	0.00%	Arenas (0.074 mm- 4.76 mm):	46.25%	Diámetro Efectivo D <sub>30</sub> :	0.20	Coefficiente de Curvatura (Cc):	N.P
Piedras (75 mm- 150 mm):	0.00%	Limos y Arcillas (<0.074 mm):	18.42%	Diámetro Efectivo D <sub>60</sub> :	N.P		

### LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	4	5	6		
Tara					
Wt	19.13	18.99	18.67		
W <sub>th</sub> + t (gr)	105.10	96.67	105.48		
W <sub>rs</sub> + t (gr)	89.93	83.86	91.71		
W <sub>w</sub> (gr)	15.17	12.81	13.77		
W <sub>rs</sub> (gr)	70.80	64.67	73.04		
W (%)	21.43	19.75	18.85		
Nº Golpes	8	22	31	PROMEDIO	Nº

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	19.00	ÍNDICE DE LIQUEZ (LI):	N.P
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	N.P	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (Cc):	0.08
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	N.P	CONSISTENCIA RELATIVA (CR):	N.P



### CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Nº DE TARA	CONTENIDO DE HUMEDAD		
	1	2	3
PESO DE LA TARA (gr)	18.37	24.89	24.61
P.T. + MUESTRA HÚMEDA (gr)	233.51	202.92	236.68
P.T. + MUESTRA SECA (gr)	224.84	195.46	227.56
PESO DEL AGUA (gr)	8.67	7.46	9.12
PESO MUESTRA SECA (gr)	206.47	170.57	202.95
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.20	4.37	4.49
w% PROMEDIO			4.38

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D 2484 - AASHTO M 145)

S.U.C.S	A.A.S.H.T.O.
GM	A - 1 - b

<b>DESCRIPCIÓN:</b>
GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA DE GRAVA - ARENA LIMOSA



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20463782761 Telefax: 076-365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Lique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

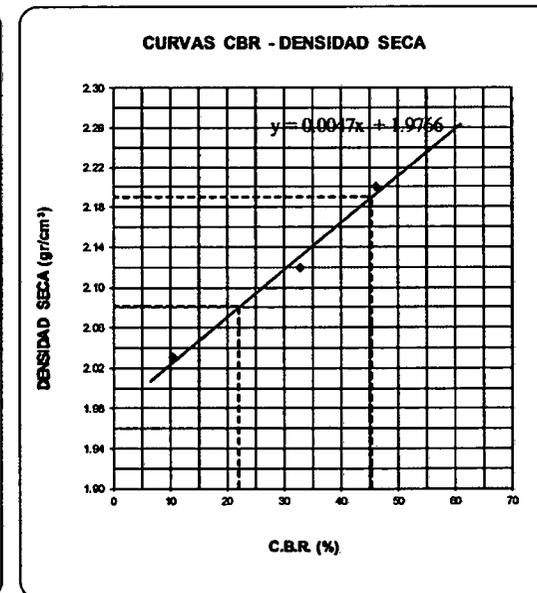
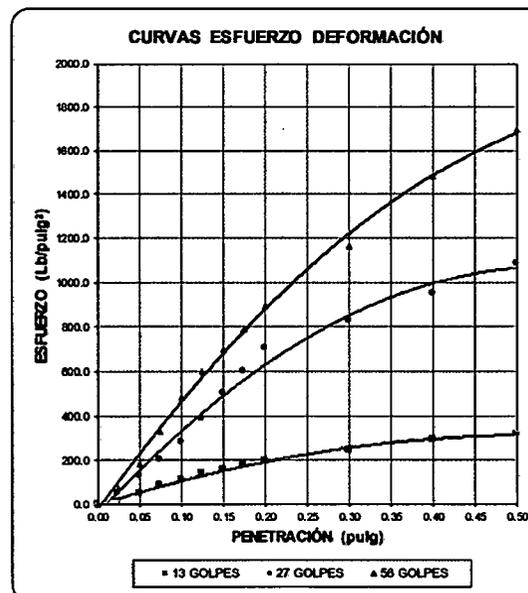
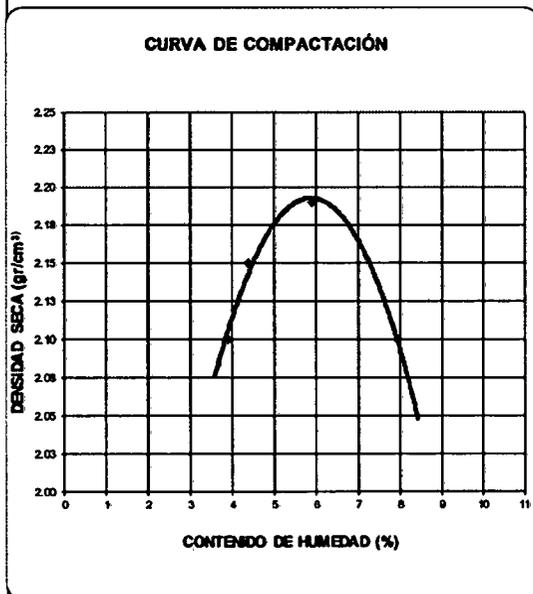
MUESTRA:	Material granular en estado natural - (1)	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D 698)								COMPACTACION - C.B.R. (NTP 339.145 - ASTM D 1883)						DESPUES DE SATURACIÓN		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
MOLDE Nº	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nº DE CAPAS	56	56	56	56	56	56	56	13	27	56	13	27	56	13	27	56	
Nº DE GOLPES POR CAPA	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	
PESO DEL MOLDE (gr)	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23	
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	10,581.00	10,729.00	10,887.00	10,779.00	10,887.00	10,779.00	10,887.00	12,636.00	12,916.00	13,066.00	12,636.00	12,916.00	13,066.00	12,636.00	13,152.00	13,070.00	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	4,582.00	4,730.00	4,888.00	4,780.00	4,888.00	4,780.00	4,888.00	4,953.00	5,163.00	5,367.00	4,953.00	5,163.00	5,367.00	4,953.00	5,399.00	5,371.00	
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	2.18	2.25	2.32	2.27	2.32	2.27	2.27	2.14	2.24	2.32	2.14	2.24	2.32	2.24	2.34	2.32	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	CONTENIDO DE HUMEDAD																
Nº DE TARA	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	12	13	14
PESO DE TARA (gr)	18.67	24.71	18.77	25.16	18.68	25.42	19.04	18.69	18.37	24.93	24.83	19.12	18.99	18.68	18.37	24.89	24.63
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	212.95	225.68	196.11	211.17	185.98	183.88	193.20	186.95	202.71	214.17	248.52	254.27	259.19	232.90	190.28	183.54	191.05
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	208.34	217.48	188.44	203.58	156.97	175.94	179.53	175.44	191.65	205.29	235.76	242.68	248.21	219.92	178.34	175.62	181.45
PESO DEL AGUA (gr)	6.61	8.20	7.67	7.59	9.01	7.94	13.67	11.51	11.06	8.88	12.76	11.59	10.98	12.98	11.94	7.92	9.60
PESO DE SUELO SECO (gr)	187.67	192.77	169.67	178.42	138.09	150.52	160.49	156.75	173.28	180.38	211.13	223.56	229.22	201.24	159.97	150.73	158.82
HUMEDAD (%)	3.52	4.25	4.52	4.25	6.52	5.28	8.52	7.34	6.38	4.92	6.04	5.18	4.79	6.45	7.46	5.25	6.12
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.89		4.39		5.90		7.93		5.65		5.61		5.62		7.46	5.25	6.12
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.10		2.15		2.19		2.10		2.03		2.12		2.20		2.08	2.22	2.19

PENETRACIÓN			MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3		EXPANSIÓN				
(pulg)	(cm)	(mm)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO		M - 4	M - 5	M - 6
									DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA
0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	13:00	0.222	0.501	0.232
0.025	0.060	0.840	0.60	12.62	1.50	45.71	2.20	71.42	1	-	-	-	-
0.050	0.130	1.270	1.50	45.71	3.70	128.43	5.30	184.98	2	-	-	-	-
0.075	0.190	1.910	2.50	82.43	5.80	203.26	9.20	327.20	3	-	-	-	-
0.100	0.250	2.540	3.30	111.77	8.00	283.52	13.50	483.22	4	13:00	0.232	0.510	0.237
0.125	0.320	3.180	4.00	137.42	10.80	385.35	16.80	602.44	EXPANSION (%)		0.20	0.18	0.10
0.150	0.380	3.810	4.50	155.72	14.00	501.31	19.50	699.66	EXPANSION PROM (%)		0.16		
0.175	0.440	4.450	5.00	174.02	16.80	602.44	22.00	789.45	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO				
0.200	0.510	5.080	5.50	192.30	19.70	706.85	25.00	896.91	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.190	gr/cm³	
0.300	0.760	7.620	7.00	247.06	23.00	825.30	32.50	1,164.36	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		5.900	%	
0.400	1.020	10.160	8.20	290.80	26.50	950.53	41.50	1,483.44					
0.500	1.270	12.700	9.00	319.93	30.30	1,086.08	47.50	1,695.30					

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas		
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA:	Material granular en estado natural - (1)	FECHA:	miércoles, 08 de octubre de 2014
----------	---	--------	----------------------------------



Molde N°	1	2	3
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	105.13	328.04	461.00
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	10.51	32.80	46.10
D <sub>s</sub> (gr/cm³)	2.03	2.12	2.20

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.16 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.190 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.081 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	5.90 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	45.40 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	22.11 %



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"				
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas				
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Lique Mondragón				
CANTERA:	El Guitarrero				
MUESTRA:	Material granular en estado natural				
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca				
MUESTRA:	Material granular en estado natural	FECHA:	martes, 21 de octubre de 2014		
<b>ENSAYO DE ABRASIÓN ASTM C 131 Y AASHTO T 96</b>					
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	1"				
GRADACIÓN:	"A"				
NÚMERO DE ESFERAS:	12				
<b>PORCENTAJE</b>					
<b>PASA TAMIZ</b>		<b>RETENIDO EN TAMIZ</b>		<b>PESO DE LA NORMA</b>	<b>PESO REAL</b>
1 1/2"	37.50	1"	25.40	1250 ± 25	1,251.00
1"	25.40	3/4"	19.10	1250 ± 25	1,250.00
3/4"	19.10	1/2"	12.70	1250 ± 10	1,250.00
1/2"	12.70	3/8"	9.52	1250 ± 10	1,250.00
<b>TOTALES:</b>				<b>5000 ± 10</b>	<b>5,001.00</b>
<b>PESO RETENIDO EN LA MALLA Nº 12:</b>					<b>2,790.00</b>
<b>% DESGASTE:</b>					<b>44.21%</b>



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 224 RUC: 20453782761 Telefax: 076-365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

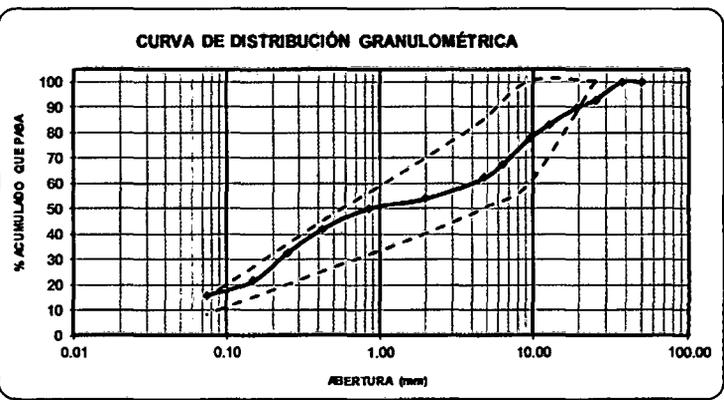
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA	Material granular en estado natural-(2)	FECHA:	miércoles, 24 de septiembre de 2014
---------	---	--------	-------------------------------------

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D 422)**

PESO SECO INICIAL:  gr.

TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA	PESO RETENIDO	% RTDO ACUM	% ACUM. QUE PASA
3"	75.000	0.0	-	100.00
2"	50.800	0.0	-	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	-	100.00
1"	25.400	477.51	7.04	92.96
3/4"	19.100	213.07	10.18	89.82
1/2"	12.700	456.39	16.90	83.10
3/8"	9.520	365.96	22.30	77.70
1/4"	6.350	677.05	32.28	67.72
Nº 4	4.760	375.11	37.81	62.19
Nº 10	2.000	554.15	45.97	54.03
Nº 20	0.840	259.33	49.79	50.21
Nº 40	0.420	559.99	58.05	41.95
Nº 60	0.250	619.48	67.18	32.82
Nº 100	0.149	754.42	78.30	21.70
Nº 200	0.074	392.47	84.08	15.92
Cazoleta	-	1,080.07	100.00	-



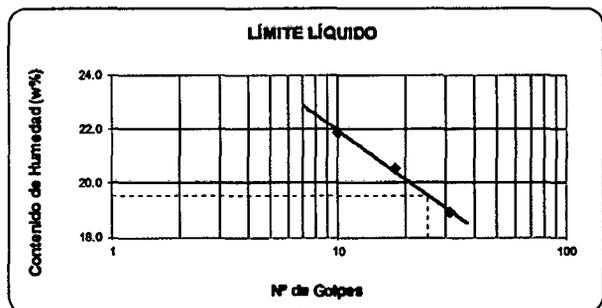
HUSO GRANULOMÉTRICO "EG 203 - SECCIÓN 402 - SUBBASES GRANULARES"

Bloques (>300 mm):	0.00%	Gravas (4.76 mm - 75 mm):	37.81%	Diámetro Efectivo $D_{60}$ :	2.50	Coefficiente de Uniformidad ( $C_u$ ):	N.P
Bolones (150 mm - 300 mm):	0.00%	Arenas (0.074 mm - 4.76 mm):	46.28%	Diámetro Efectivo $D_{10}$ :	0.20	Coefficiente de Curvatura ( $C_c$ ):	N.P
Redras (75 mm - 150 mm):	0.00%	Limos y Arcillas (<0.074 mm):	15.92%	Diámetro Efectivo $D_{30}$ :	N.P		

**LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)**

Tara	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		
Wt	18.37	24.89	24.61		
W <sub>rh</sub> + t (gr)	63.29	71.74	61.89		
W <sub>rs</sub> + t (gr)	55.23	63.75	55.96		
W <sub>w</sub> (gr)	8.06	7.99	5.93		
W <sub>rs</sub> (gr)	36.86	38.86	31.35		
W(%)	21.87	20.58	18.92		
Nº Golpes	10	18	31	PRÓMEDIO	NP

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	20.00	ÍNDICE DE LIQUIDEZ (L):	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	NP	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (Cc):	0.09
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	NP	CONSISTENCIA RELATIVA (CR):	NP



**CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D 2484 - AASHTO M 145)**

S.U.C.S	A.A.S.H.T.O.
GM	A - 1 - b

**DESCRIPCIÓN:**  
**GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA DE GRAVA - ARENA LIMOSA**



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular en estado natural - (2)	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D 698)								COMPACTACION - C.B.R. (NTP 339.145 - ASTM D 1557)				DESPUES DE SATURACIÓN					
	1	2	3	4	5	14	15	16	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
MOLDE Nº	1	1	1	1	1	1	1	1	4	5	6	6	4	5	6			
Nº DE CAPAS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	56	56	56	56	56	56	56	13	27	56	56	13	27	56			
PESO DEL MOLDE (gr)	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	7,916.00	7,731.00	7,903.00	7,903.00	7,916.00	7,731.00	7,903.00			
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	10,657.00	10,774.00	10,774.00	10,774.00	10,774.00	10,774.00	10,774.00	10,774.00	12,895.00	12,941.00	13,287.00	13,287.00	13,015.00	13,122.00	13,385.00			
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	4,658.00	4,775.00	4,775.00	4,775.00	4,775.00	4,775.00	4,775.00	4,775.00	4,979.00	5,210.00	5,384.00	5,384.00	5,099.00	5,391.00	5,482.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.21	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.16	2.26	2.33	2.33	2.21	2.34	2.37			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																		
Nº DE TARA	1	2	3	4	5	14	15	16	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
PESO DE TARA (gr)	18.37	24.90	24.63	19.13	19.00	19.21	19.22	18.74	24.71	18.77	25.16	18.88	25.42	19.04	18.37	24.90	24.63	
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	203.68	228.12	220.29	194.66	196.70	185.37	190.61	204.54	192.47	206.74	221.24	199.68	214.58	172.67	193.65	201.05	217.51	
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	196.91	220.45	212.23	187.15	187.41	175.46	179.09	189.77	185.44	195.43	210.02	191.61	206.88	163.25	181.12	191.92	207.53	
PESO DEL AGUA (gr)	6.77	7.67	8.06	7.51	9.29	9.91	11.52	14.77	7.03	11.31	11.22	8.07	7.70	9.42	12.53	9.13	9.98	
PESO DE SUELO SECO (gr)	178.54	195.55	187.60	168.02	168.41	156.25	159.87	171.03	160.73	176.66	184.86	172.73	181.46	144.21	162.75	167.02	182.90	
HUMEDAD (%)	3.79	3.92	4.30	4.47	5.52	6.34	7.21	8.64	4.37	6.40	6.07	4.67	4.24	6.53	7.70	5.47	5.46	
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.86		4.38		5.93		7.92		5.39		5.37		5.39		7.70	5.47	5.46	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.13		2.17		2.21		2.09		2.05		2.14		2.21		2.05	2.22	2.25	

PENETRACIÓN			MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3		EXPANSIÓN			
			LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO	M - 4	M - 5	M - 6
(pulg)	(cm)	(mm)						DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA
0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	10:57	0.238	0.193	0.139
0.025	0.060	0.640	0.50	8.94	1.90	60.40	2.50	1	-	-	-	-
0.050	0.130	1.270	1.20	34.68	2.20	71.42	4.70	2	-	-	-	-
0.075	0.190	1.910	2.00	64.08	5.70	199.60	8.60	3	-	-	-	-
0.100	0.250	2.540	3.50	119.10	7.90	279.88	11.10	4	10:47	0.251	0.195	0.144
0.125	0.320	3.180	4.00	137.42	9.80	349.02	14.90	EXPANSION (%)		0.26	0.04	0.10
0.150	0.380	3.810	4.50	155.72	12.90	461.50	18.50	EXPANSION PROMI (%)		0.13		
0.175	0.440	4.450	6.00	210.56	14.40	515.78	21.10	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO				
0.200	0.510	5.080	7.00	247.06	15.90	569.97	24.80	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.210	gr/cm³	
0.300	0.760	7.620	7.50	265.30	20.20	724.82	34.80	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		5.800	%	
0.400	1.020	10.160	8.00	283.52	24.50	879.02	42.90					
0.500	1.270	12.700	8.50	301.73	27.60	989.81	46.20					

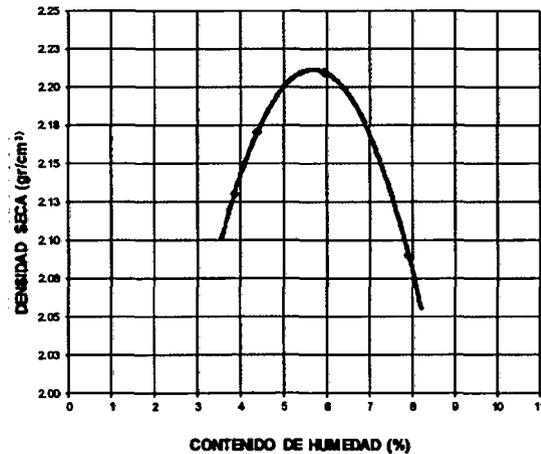


**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076-365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

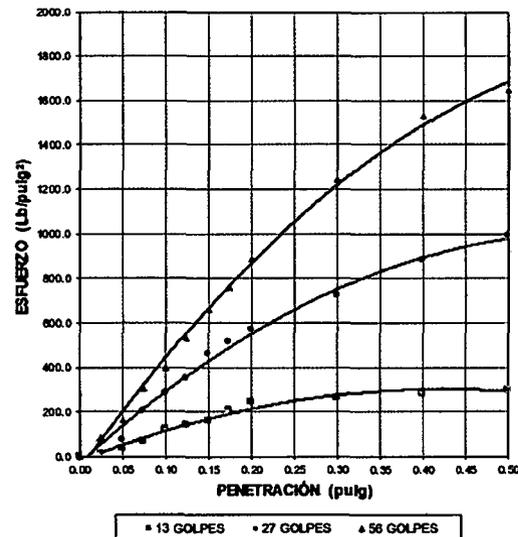
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular en estado natural - (2)	FECHA:	miércoles, 08 de octubre de 2014
----------	---	--------	----------------------------------

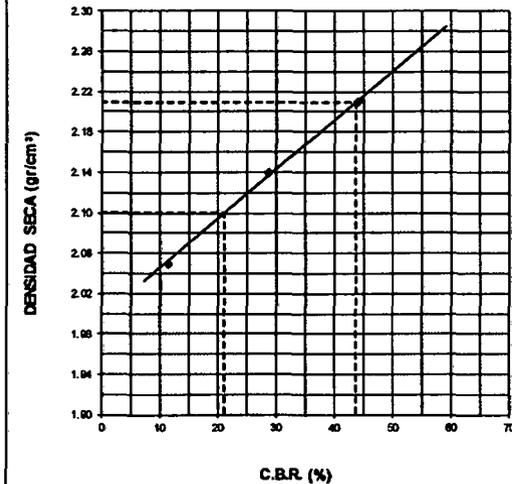
**CURVA DE COMPACTACIÓN**



**CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN**



**CURVAS CBR - DENSIDAD SECA**



Molde Nº	4	5	6
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	114.05	287.52	441.31
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	11.40	28.75	44.13
De (gr/cm³)	2.05	2.14	2.21

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.13 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.210 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.100 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	5.80 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	43.71 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	21.16 %



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas		
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Lique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
MUESTRA:	Material granular en estado natural		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		
MUESTRA:	Material granular en estado natural	FECHA:	jueves, 06 de noviembre de 2014

**ENSAYO DE ABRASIÓN ASTM C 131 Y AASHTO T 96**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	1"				
GRADACIÓN:	"A"				
NÚMERO DE ESFERAS:	12				
<b>PORCENTAJE</b>				<b>PESO DE LA NORMA</b>	<b>PESO REAL</b>
<b>PASA TAMIZ</b>		<b>RETENIDO EN TAMIZ</b>			
1 1/2"	37.50	1"	25.40	1250 ± 25	1,251.00
1"	25.40	3/4"	19.10	1250 ± 25	1,250.00
3/4"	19.10	1/2"	12.70	1250 ± 10	1,250.00
1/2"	12.70	3/8"	9.52	1250 ± 10	1,250.00
<b>TOTALES:</b>				5000 ± 10	5,001.00
<b>PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12:</b>					2,530.00
<b>% DESGASTE</b>					49.41%



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 224 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

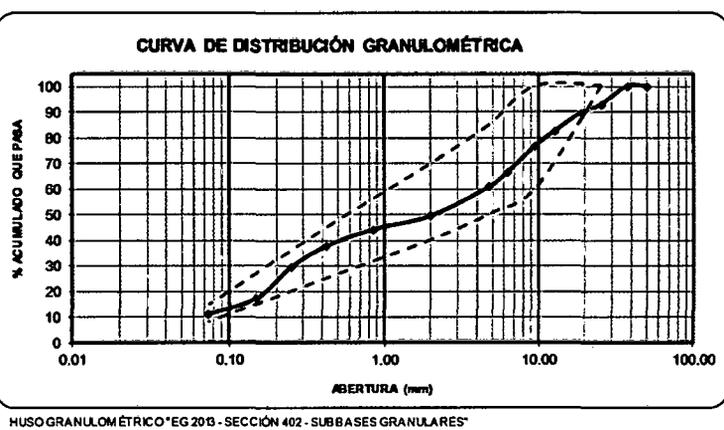
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA	Material granular en estado natural-(3)	FECHA:	miércoles, 24 de septiembre de 2014
---------	---	--------	-------------------------------------

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D 422)**

PESO SECO INICIAL 6382 gr.

TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA	PESO RETENIDO	% RTDO ACUM	% ACUM. QUE PASA
3"	75.000	0.0	-	100.00
2"	50.800	0.0	-	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	-	100.00
1"	25.400	458.78	7.19	92.81
3/4"	19.100	191.04	10.18	89.82
1/2"	12.700	472.20	17.58	82.42
3/8"	9.520	368.48	23.32	76.68
1/4"	6.350	647.53	33.47	66.53
N° 4	4.760	370.81	39.28	60.72
N° 10	2.000	717.70	50.52	49.48
N° 20	0.840	344.28	55.92	44.08
N° 40	0.420	413.55	62.40	37.60
N° 60	0.250	515.55	70.48	29.52
N° 100	0.149	785.48	82.78	17.22
N° 200	0.074	395.62	88.98	11.02
Cazoleta	-	703.09	100.00	-



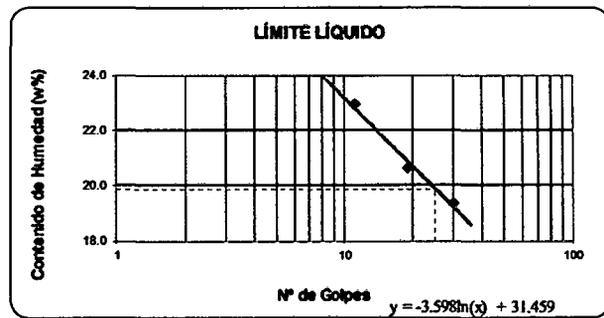
HUSO GRANULOMÉTRICO \*EG 20 B - SECCIÓN 402 - SUBBASES GRANULARES\*

Bloques (>300 mm):	0.00%	Gravas (4.76 mm - 75 mm):	39.28%	Diámetro Efectivo D <sub>50</sub> :	2.50	Coefficiente de Uniformidad (Cu):	N.P
Bolones (150 mm - 300 mm):	0.00%	Arenas (0.074 mm - 4.76 mm):	49.70%	Diámetro Efectivo D <sub>30</sub> :	0.20	Coefficiente de Curvatura (Cc):	N.P
Piedras (75 mm - 150 mm):	0.00%	Limos y Arcillas (<0.074 mm):	11.02%	Diámetro Efectivo D <sub>10</sub> :	N.P		

**LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)**

Tara	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	9	10	11		
Wt	25.16	18.89	25.42		
W <sub>rh</sub> + t (gr)	75.72	81.40	75.40		
W <sub>ms</sub> + t (gr)	68.29	70.71	67.30		
W <sub>w</sub> (gr)	9.43	10.69	8.10		
W <sub>ms</sub> (gr)	41.13	51.82	41.88		
W(%)	22.94	20.64	19.35		
N° Golpes	11	19	30	FROMEDIO	NP

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	20.00	ÍNDICE DE LIQUEZ (IL):	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	NP	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (Cc):	0.09
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	NP	CONSISTENCIA RELATIVA (CR):	NP



**CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D 2484 - AASHTO M 145)**

S.U.C.S	A.A.S.H.T.O.
GM	A - 1 - b

<b>DESCRIPCIÓN:</b>
<b>GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA DE GRAVA - ARENA LIMOSA</b>



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076-366288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Elique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular en estado natural - (3)	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D 698)								COMPACTACION - C.B.R. (NTP 339.145 - ASTM D 1883)						DESPUES DE SATURACIÓN			
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	2	3		
MOLDE N°	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	2	3			
N° DE CAPAS	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3			
N° DE GOLPES POR CAPA	56	56	56	56	56	56	56	13	27	56	13	27	56	13	27			
PESO DEL MOLDE (gr)	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00			
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	10,505.00	10,698.00	10,915.00	10,837.00	10,915.00	10,837.00	10,837.00	12,671.00	12,937.00	13,132.00	12,812.00	13,081.00	13,215.00	12,812.00	13,081.00			
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	4,506.00	4,699.00	4,916.00	4,838.00	4,916.00	4,838.00	4,838.00	4,988.00	5,184.00	5,433.00	5,129.00	5,328.00	5,516.00	5,129.00	5,328.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.14	2.23	2.34	2.30	2.34	2.30	2.30	2.16	2.25	2.35	2.22	2.31	2.38	2.22	2.31			
CONTENIDO DE HUMEDAD																		
N° DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	10	11	12	
PESO DE TARA (gr)	18.37	24.90	24.63	19.13	19.00	18.68	24.71	18.75	18.37	24.90	24.63	19.13	19.00	18.68	18.89	25.42	19.04	
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	222.25	223.24	171.93	227.68	135.26	182.39	195.79	169.36	205.95	221.60	275.80	308.86	303.80	293.13	186.91	166.03	164.59	
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	215.77	214.51	164.65	220.01	126.53	176.42	180.35	161.11	196.28	210.78	262.91	292.89	289.54	277.73	175.56	159.32	155.37	
PESO DEL AGUA (gr)	6.48	8.73	7.28	7.67	8.73	5.97	15.44	8.25	9.67	10.82	12.89	15.97	14.26	15.40	11.35	6.71	9.22	
PESO DE SUELO SECO (gr)	197.40	189.61	140.02	200.88	107.53	157.74	155.64	142.36	177.91	185.88	238.28	273.76	270.54	259.05	156.67	133.90	136.33	
HUMEDAD (%)	3.28	4.60	5.20	3.82	8.12	3.78	9.92	5.80	5.44	5.82	5.41	5.83	5.27	5.94	7.24	5.01	6.76	
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.94		4.51		5.95		7.86		5.63		5.62		5.61		7.24		5.01	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.06		2.14		2.20		2.13		2.04		2.13		2.22		2.07		2.20	

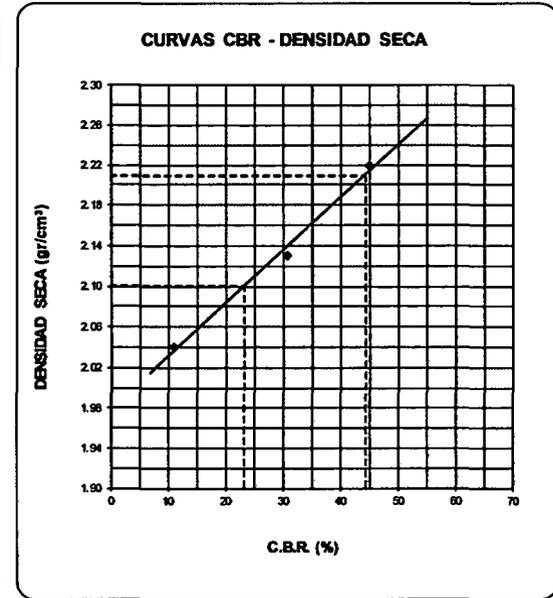
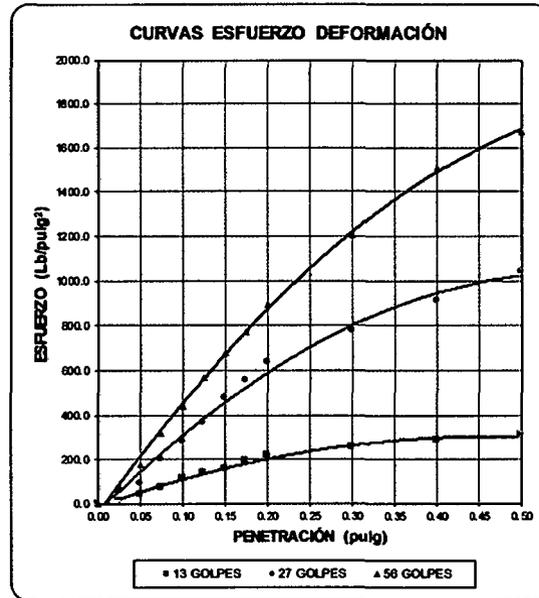
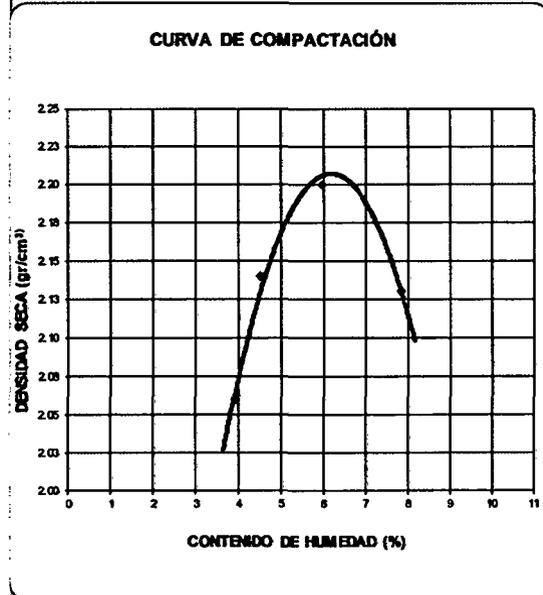
PENETRACIÓN			MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3		EXPANSIÓN				
(pulg)	(cm)	(mm)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO	M - 4	M - 5	M - 6	
									DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA
0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	10:00	0.224	0.213	0.125
0.025	0.060	0.640	0.50	8.94	1.70	53.06	2.40	78.76	1	-	-	-	-
0.050	0.130	1.270	1.40	42.04	2.70	89.77	5.00	174.02	2	-	-	-	-
0.075	0.190	1.910	2.20	71.42	5.70	189.60	8.90	316.29	3	-	-	-	-
0.100	0.250	2.540	3.40	115.44	8.00	283.52	12.30	439.76	4	10:00	0.231	0.219	0.129
0.125	0.320	3.180	4.00	137.42	10.30	367.19	15.80	566.36	EXPANSION (%)		0.14	0.12	0.08
0.150	0.380	3.810	4.50	155.72	13.40	479.60	19.00	681.68	EXPANSION PROM (%)		0.11		
0.175	0.440	4.450	5.50	192.30	15.60	559.14	21.50	771.51	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO				
0.200	0.510	5.080	6.20	217.87	17.80	638.48	24.90	893.33	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.210		gr/cm³
0.300	0.760	7.620	7.20	254.36	21.60	775.10	33.70	1,207.01	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD				
0.400	1.020	10.160	8.10	287.16	25.50	914.79	42.20	1,508.18			6.000		%
0.500	1.270	12.700	8.70	309.01	29.00	1,039.75	46.90	1,674.13					



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guiltarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas		
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón		
CANTERA:	El Guiltarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA:	Material granular en estado natural - (3)	FECHA:	miércoles, 08 de octubre de 2014
----------	---	--------	----------------------------------



Molde N°	1	2	3
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	109.17	306.52	450.99
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	10.92	30.65	45.10
Ds (gr/cm³)	2.04	2.13	2.22

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.11 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.210 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.100 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.00 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	44.40 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	23.15 %



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guittarero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guittarero
MUESTRA:	Material granular en estado natural
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular en estado natural (	FECHA:	jueves, 06 de noviembre de 2014
----------	---------------------------------------	--------	---------------------------------

**ENSAYO DE ABRASIÓN ASTM C 131 Y AASHTO T 96**

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	1"
GRADACIÓN:	*A*
NÚMERO DE ESFERAS:	12

PORCENTAJE				PESO DE LA NORMA	PESO REAL
PASA TAMIZ		RETENIDO EN TAMIZ			
1 1/2"	37.50	1"	25.40	1250 ± 25	1,251.00
1"	25.40	3/4"	19.10	1250 ± 25	1,251.00
3/4"	19.10	1/2"	12.70	1250 ± 10	1,250.00
1/2"	12.70	3/8"	9.52	1250 ± 10	1,250.00
TOTALES:				5000 ± 10	5,002.00
PESO RETENIDO EN LA MALLA Nº 12:					2,610.00
% DESGASTE:					47.82%

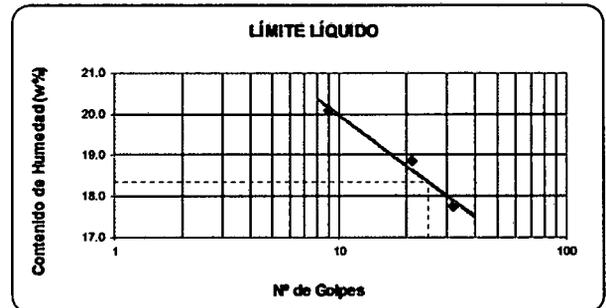
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas		
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Lique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo (1)	FECHA:	viernes, 26 de septiembre de 2014
---------	---	--------	-----------------------------------

**LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)**

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	14	15	16		
Tara					
Wt	19.21	19.22	18.74		
W <sub>rh</sub> + t (gr)	73.28	71.00	67.88		
W <sub>ms</sub> + t (gr)	64.24	62.79	60.47		
W <sub>w</sub> (gr)	9.04	8.21	7.41		
W <sub>ms</sub> (gr)	45.03	43.57	41.73		
W(%)	20.08	18.84	17.76		
Nº Golpes	9	21	32	PROMEDIO	NP

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	18.00	ÍNDICE DE LIQUEZ (I <sub>L</sub> ):	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	NP	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (C <sub>c</sub> ):	0.07
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (P):	NP	CONSISTENCIA RELATIVA (C <sub>R</sub> ):	NP





**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sañta Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I - (1)	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D 698)								COMPACTACION - C.B.R. (NTP 339.145 - ASTM D 1557)				DESPUES DE SATURACIÓN					
	1	1	1	1	1	1	1	1	4	5	6	4	5	6				
MOLDE Nº	1	1	1	1	1	1	1	4	5	6	4	5	6					
Nº DE CAPAS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	56	56	56	56	56	56	13	27	56	13	27	56					
PESO DEL MOLDE (gr)	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	7,916.00	7,731.00	7,903.00	7,916.00	7,731.00	7,903.00					
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23					
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	10,493.00	10,795.00	10,892.00	10,735.00	10,892.00	10,735.00	10,735.00	12,875.00	12,923.00	13,289.00	13,057.00	13,048.00	13,349.00					
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	4,494.00	4,796.00	4,893.00	4,738.00	4,893.00	4,738.00	4,738.00	4,959.00	5,192.00	5,386.00	5,141.00	5,317.00	5,446.00					
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.14	2.28	2.32	2.25	2.32	2.25	2.25	2.15	2.25	2.33	2.23	2.31	2.35					
CONTENIDO DE HUMEDAD																		
Nº DE TARA	24	25	26	27	28	29	30	31	7	8	9	10	11	12	4	5	6	
PESO DE TARA (gr)	24.19	25.00	24.80	25.12	24.99	18.72	24.24	25.22	24.71	18.75	25.16	18.89	25.42	19.04	19.12	19.01	18.68	
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	219.76	201.48	207.93	199.98	218.42	228.40	183.48	171.56	233.90	209.62	214.34	234.35	207.87	219.27	216.56	208.49	201.58	
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	213.00	195.25	199.75	192.80	208.40	217.36	172.03	160.73	223.86	200.89	204.86	223.30	198.10	210.81	202.84	196.77	186.94	
PESO DEL AGUA (gr)	6.78	6.23	8.18	7.18	10.02	11.04	11.45	10.83	10.04	8.73	9.48	11.05	9.77	8.46	13.72	11.72	14.64	
PESO DE SUELO SECO (gr)	188.81	170.25	174.95	167.68	183.41	198.64	147.79	135.51	199.15	182.14	179.70	204.41	172.68	191.77	183.72	177.76	168.26	
HUMEDAD (%)	3.58	3.66	4.68	4.28	5.46	5.56	7.75	7.99	5.04	4.79	5.28	5.41	5.66	4.41	7.47	6.59	8.70	
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.62		4.48		5.51		7.67		4.92		5.34		5.03		7.47		6.59	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.06		2.18		2.20		2.09		2.05		2.14		2.22		2.07		2.16	

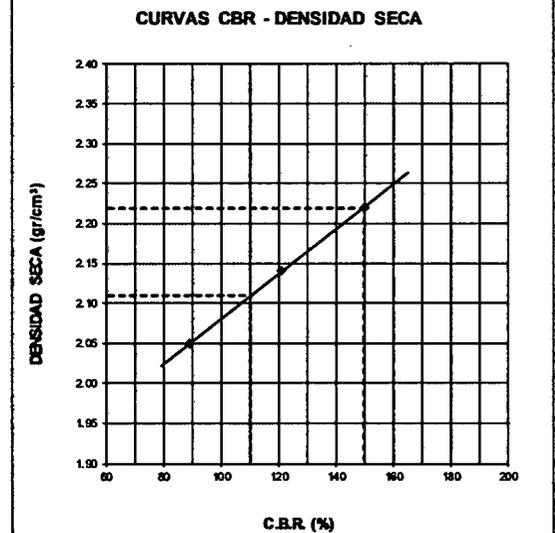
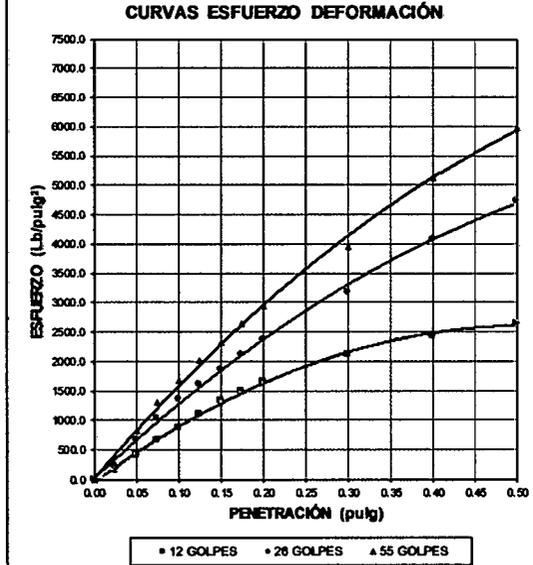
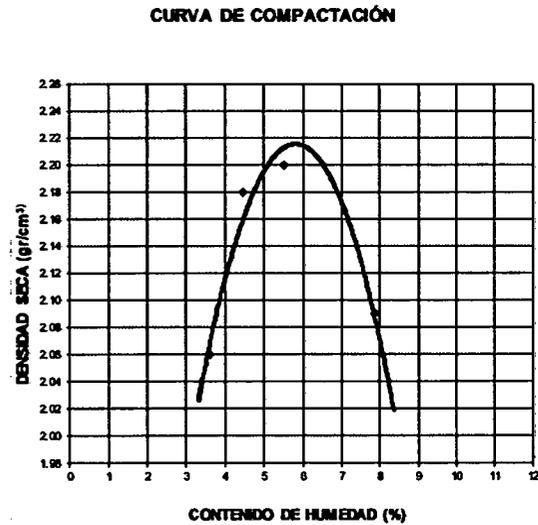
PENETRACIÓN			MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3		EXPANSIÓN					
(pulg)	(cm)	(mm)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO	M - 4	M - 5	M - 6		
									DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA	
0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	13:00	0.099	0.161	0.133	
0.025	0.060	0.640	4.50	155.72	5.70	199.60	7.10	250.71	1	-	-	-	-	
0.050	0.130	1.270	11.70	418.01	18.30	656.48	22.80	818.13	2	-	-	-	-	
0.075	0.190	1.910	18.50	663.68	29.00	1,039.75	36.20	1,295.76	3	-	-	-	-	
0.100	0.250	2.540	24.50	879.02	37.50	1,341.84	46.80	1,670.81	4	13:00	0.105	0.165	0.138	
0.125	0.320	3.180	31.00	1,111.00	45.20	1,614.15	56.50	2,012.24	EXPANSION (%)			0.12	0.08	0.10
0.150	0.380	3.810	37.00	1,324.12	52.40	1,867.95	65.50	2,328.72	EXPANSION PROM (%)			0.10		
0.175	0.440	4.450	42.00	1,501.11	59.50	2,117.76	74.30	2,638.28	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO					
0.200	0.510	5.080	48.50	1,660.02	66.20	2,353.33	82.70	2,934.40	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.220	gr/cm³		
0.300	0.760	7.620	59.00	2,100.18	89.00	3,157.19	111.20	3,950.25	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD			5.800	%	
0.400	1.020	10.160	68.50	2,434.21	114.50	4,069.57	143.10	5,125.95						
0.500	1.270	12.700	74.50	2,645.32	132.50	4,729.21	165.20	5,977.92						



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas		
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA:	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I - (1)	FECHA:	miércoles, 08 de octubre de 2014
----------	---	--------	----------------------------------



Molde N°	4	5	6
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	891.67	1209.29	1498.29
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	89.17	120.93	149.83
Ds (gr/cm³)	2.05	2.14	2.22

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.10 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDO	2.22 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.11 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	5.80 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	149.88 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	110.21 %

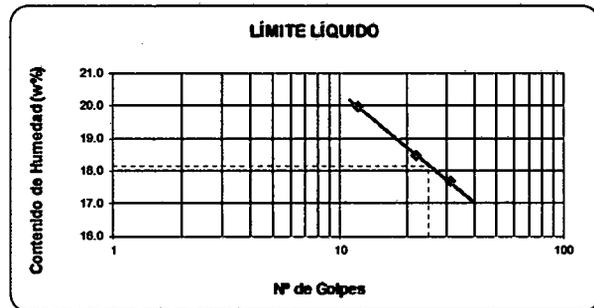
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Lique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I-(2)	FECHA:	viernes, 26 de septiembre de 2014
---------	---	--------	-----------------------------------

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	24	25	26		
Tara	24.19	25.00	24.80		
Wt	72.50	93.90	85.40		
W <sub>rh</sub> + t (gr)	64.46	83.17	76.30		
W <sub>w</sub> (gr)	8.04	10.73	9.10		
W <sub>ms</sub> (gr)	40.27	58.17	51.50		
W(%)	19.97	18.45	17.67		
Nº Golpes	12	22	31	PROMEDIO	NP

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	18.00	ÍNDICE DE LIQUIDEZ (L):	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	NP	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (Cc):	0.07
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	NP	CONSISTENCIA RELATIVA (CR):	NP





**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sañta Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I - (2)	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D 698)								COMPACTACION - C.B.R. (NTP 339.145 - ASTM D 1557)						DESPUES DE SATURACIÓN		
	1		1		1		1		1		2		3		1	2	3
MOLDE Nº	5		5		5		5		3		3		3		3	3	3
Nº DE CAPAS	56		56		56		56		13		27		56		13	27	56
Nº DE GOLPES POR CAPA	5,999.00		5,999.00		5,999.00		5,999.00		7,683.00		7,753.00		7,699.00		7,683.00	7,753.00	7,699.00
PESO DEL MOLDE (gr)	2,104.92		2,104.92		2,104.92		2,104.92		2,309.37		2,305.72		2,314.23		2,309.37	2,305.72	2,314.23
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	10,420.00		10,690.00		10,865.00		10,680.00		12,695.00		12,980.00		13,130.00		13,057.00	13,048.00	13,349.00
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	4,421.00		4,691.00		4,866.00		4,681.00		5,012.00		5,227.00		5,431.00		5,374.00	5,295.00	5,650.00
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	2.10		2.23		2.31		2.22		2.17		2.27		2.35		2.33	2.30	2.44
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)																	
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Nº DE TARA	12.00	8.00	13.00	14.00	10.00	21.00	23.00	29.00	1	2	3	4	5	6	4	5	6
PESO DE TARA (gr)	27.89	27.47	27.54	28.00	27.55	36.83	27.08	27.68	18.37	24.93	24.63	19.12	18.99	18.68	19.12	19.01	18.68
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	161.67	157.69	168.37	155.21	161.60	158.70	158.20	155.08	156.18	161.04	153.05	161.96	168.12	135.01	216.56	208.49	201.58
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	157.37	152.85	161.97	150.23	154.14	152.72	148.31	146.03	149.23	152.73	146.57	153.31	160.63	127.92	202.84	196.77	186.94
PESO DEL AGUA (gr)	4.30	4.84	6.40	4.98	7.46	5.98	9.89	9.05	6.95	8.31	6.48	8.66	7.49	7.10	13.72	11.72	14.64
PESO DE SUELO SECO (gr)	129.48	125.38	134.43	122.23	126.59	115.89	121.23	118.35	130.86	127.80	121.94	134.19	141.64	109.24	183.72	177.76	168.26
HUMEDAD (%)	3.32	3.88	4.76	4.07	5.89	5.16	8.16	7.65	5.31	6.50	5.31	6.45	5.29	6.50	7.47	6.59	8.70
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.59		4.42		5.53		7.90		5.91		5.88		5.89		7.47	6.59	8.70
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.03		2.13		2.19		2.06		2.05		2.14		2.22		2.17	2.15	2.25

PENETRACIÓN			MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3		EXPANSIÓN				
(pulg)	(cm)	(mm)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO	M - 4	M - 5	M - 6	
									DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA
0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	13:00	0.215	0.530	0.078
0.025	0.060	0.840	4.10	141.08	7.50	265.30	12.00	428.89	1	-	-	-	-
0.050	0.130	1.270	8.70	309.01	15.00	537.46	23.00	825.30	2	-	-	-	-
0.075	0.190	1.910	16.60	595.22	22.20	796.62	28.50	1,021.92	3	-	-	-	-
0.100	0.250	2.540	23.50	843.22	29.00	1,039.75	38.00	1,288.66	4	13:00	0.222	0.532	0.085
0.125	0.320	3.180	30.40	1,089.64	38.60	1,380.81	50.00	1,783.42	EXPANSION (%)		0.14	0.04	0.14
0.150	0.380	3.810	38.90	1,391.44	49.50	1,765.80	60.00	2,135.34	EXPANSION PROM (%)		0.11		
0.175	0.440	4.450	40.80	1,458.68	58.00	2,065.01	79.50	2,821.49	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO				
0.200	0.510	5.080	48.00	1,712.93	69.80	2,479.12	80.00	2,839.12	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.200	gr/cm³	
0.300	0.760	7.620	62.00	2,205.66	90.00	3,192.62	110.00	3,906.97	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		5.900	%	
0.400	1.020	10.160	70.00	2,486.97	117.50	4,178.44	130.50	4,655.09					
0.500	1.270	12.700	80.00	2,839.12	127.00	4,525.92	140.00	5,009.20					

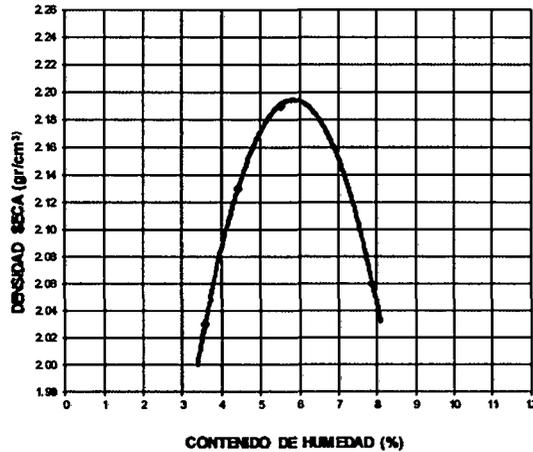


**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

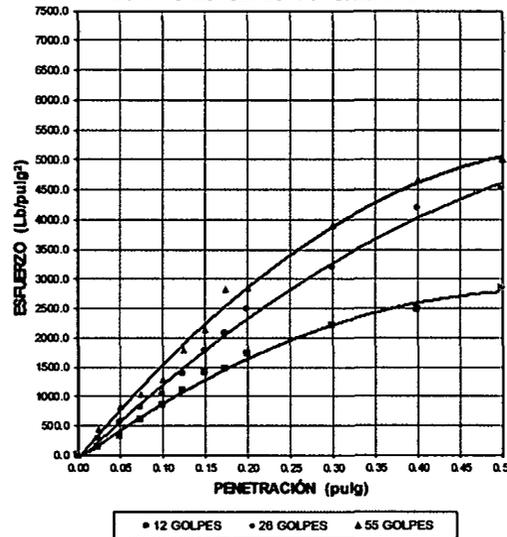
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas		
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA:	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I - (2)	FECHA:	miércoles, 08 de octubre de 2014
----------	---	--------	----------------------------------

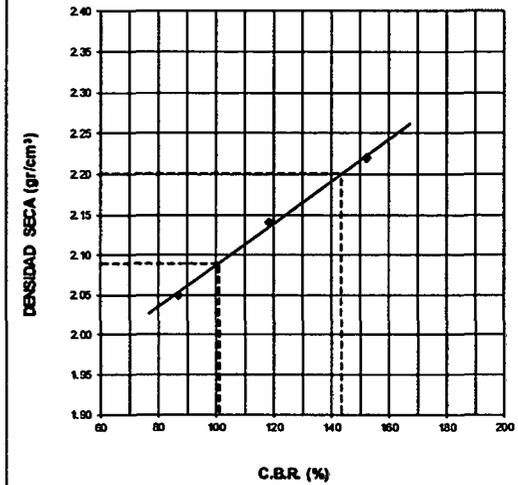
**CURVA DE COMPACTACIÓN**



**CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN**



**CURVAS CBR - DENSIDAD SECA**



Molde N°	1	2	3
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	871.14	1185.05	1524.02
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	87.11	118.51	152.40
Ds (gr/cm³)	2.05	2.14	2.22

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.11 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDO	2.20 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.09 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO	5.90 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	143.73 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	101.42 %

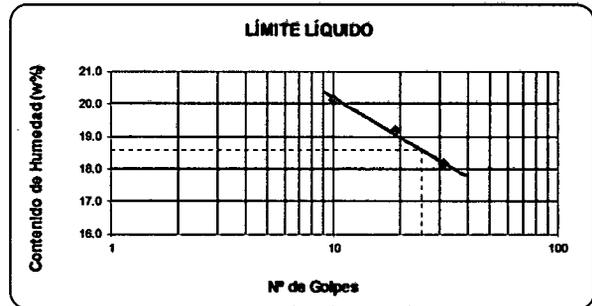
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I-(3)	FECHA:	viernes, 26 de septiembre de 2014
---------	---	--------	-----------------------------------

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)

Tara	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	4	5	6		
Wt	19.13	18.99	18.67		
W <sub>rh</sub> + t (gr)	94.75	101.85	94.35		
W <sub>re</sub> + t (gr)	82.08	88.53	82.73		
W <sub>w</sub> (gr)	12.68	13.32	11.62		
W <sub>rs</sub> (gr)	62.95	69.54	64.06		
W(%)	20.14	19.16	18.14		
Nº Golpes	10	19	31	PROMEDIO	NP

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	19.00	ÍNDICE DE LIQUEZ (L):	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	NP	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (Cc):	0.08
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	NP	CONSISTENCIA RELATIVA (CR):	NP





**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

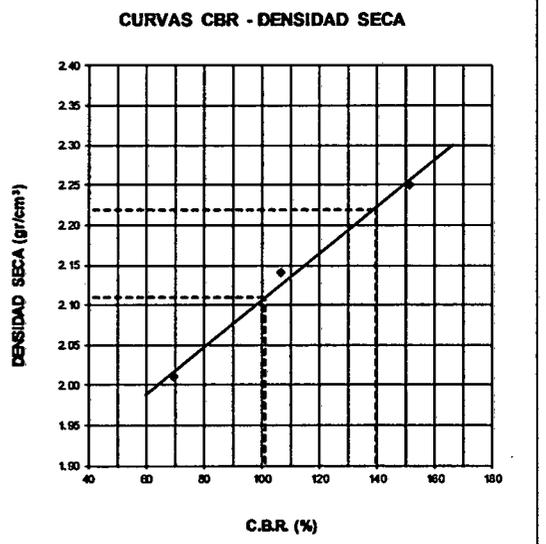
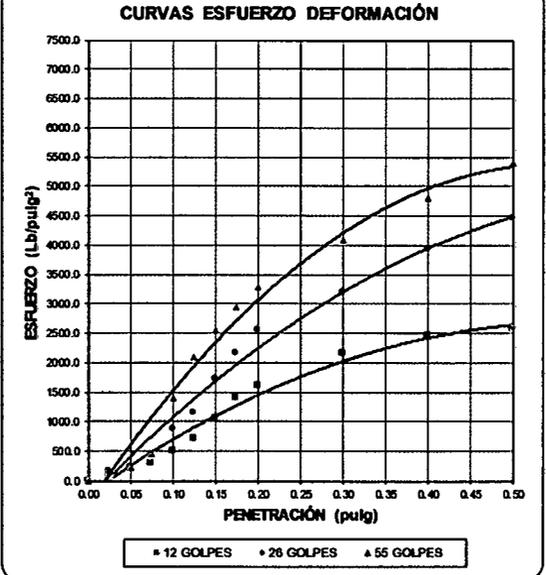
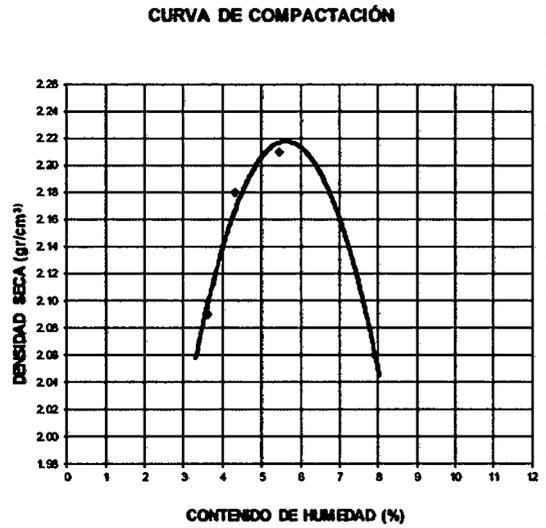
MUESTRA:	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I - (3)	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D698)								COMPACTACION - C.B.R. (NTP 339.145 - ASTM D1883)						DESPUES DE SATURACIÓN			
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	1	2	3	
MOLDE Nº	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	1	2	3		
Nº DE CAPAS	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	56	56	56	56	56	56	13	27	56	13	27	56	13	27	56		
PESO DEL MOLDE (gr)	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00		
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23		
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	10,550.00	10,795.00	10,895.00	10,875.00	10,550.00	10,795.00	10,895.00	12583.20	12974.48	13194.45	12,857.00	13,058.00	13,249.00	12,857.00	13,058.00	13,249.00		
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	4,551.00	4,796.00	4,896.00	4,676.00	4,551.00	4,796.00	4,896.00	4,900.20	5,221.48	5,495.45	5,174.00	5,305.00	5,550.00	5,174.00	5,305.00	5,550.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.16	2.28	2.33	2.22	2.16	2.28	2.33	2.12	2.26	2.37	2.24	2.30	2.40	2.24	2.30	2.40		
CONTENIDO DE HUMEDAD																		
Nº DE TARA	22.00	24.00	26.00	27.00	28.00	30.00	16.00	9.00	1	2	3	4	5	6	4	5	6	
PESO DE TARA (gr)	27.30	35.86	36.67	37.03	36.76	36.39	27.71	36.99	18.37	24.93	24.63	19.12	18.99	18.68	19.12	19.01	18.68	
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	201.49	189.68	185.01	197.29	185.68	202.61	183.31	195.66	181.04	163.60	186.37	158.58	168.56	163.70	215.23	201.56	199.54	
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	195.65	184.10	178.79	190.70	178.18	193.75	172.70	183.16	172.42	155.92	177.28	151.35	160.42	155.88	203.92	190.79	189.55	
PESO DEL AGUA (gr)	5.84	5.58	6.22	6.59	7.50	8.86	10.61	12.50	8.62	7.68	9.09	7.23	8.14	7.72	11.31	10.77	9.99	
PESO DE SUELO SECO (gr)	168.35	148.44	142.12	153.67	141.42	157.36	144.99	146.17	154.05	130.99	152.65	132.23	141.43	137.30	184.80	171.78	170.87	
HUMEDAD (%)	3.47	3.76	4.38	4.29	5.30	5.63	7.32	8.55	5.59	5.86	5.95	5.47	5.76	5.62	6.12	6.27	5.85	
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.61		4.33		5.47		7.93		5.73		5.71		5.69		6.12		5.85	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.09		2.18		2.21		2.06		2.01		2.14		2.25		2.11		2.27	

PENETRACIÓN			MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3		EXPANSIÓN				
(pulg)	(cm)	(mm)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO		M - 4	M - 5	M - 6
									DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA
0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	14:15	0.072	0.171	0.285
0.025	0.060	0.640	3.10	104.44	4.70	163.04	5.20	181.33	1				
0.050	0.130	1.270	5.90	206.91	6.60	232.47	6.50	228.82	2				
0.075	0.190	1.910	8.20	290.80	12.10	432.51	13.00	465.12	3				
0.100	0.250	2.540	13.80	494.08	24.00	861.12	39.00	1,394.98	4	14:15	0.077	0.175	0.292
0.125	0.320	3.180	19.60	703.26	32.00	1,146.58	58.50	2,082.59	EXPANSION (%)		0.10	0.08	0.14
0.150	0.380	3.810	29.40	1,054.01	48.50	1,730.55	71.50	2,539.74	EXPANSION PROM (%)		0.11		
0.175	0.440	4.450	38.90	1,391.44	60.40	2,149.41	83.00	2,944.99	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO				
0.200	0.510	5.080	45.00	1,607.09	71.80	2,550.29	92.50	3,281.30	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.220	gr/cm³	
0.300	0.760	7.620	60.80	2,163.47	90.00	3,192.62	115.00	4,087.69	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		5.700	%	
0.400	1.020	10.160	69.00	2,451.79	110.50	3,925.00	134.50	4,803.55					
0.500	1.270	12.700	72.20	2,564.37	125.00	4,452.40	150.50	5,407.22					

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Santa Herrera Rojas		
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA:	Material granular + 1% de Cemento Portland Tipo I - (3)	FECHA:	miércoles, 08 de octubre de 2014
----------	---	--------	----------------------------------



Molde Nº	1	2	3
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	696.95	1066.92	1516.13
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	69.69	106.69	151.61
Ds (gr/cm³)	2.01	2.14	2.25

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.11 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDO	2.22 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.11 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO	5.70 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	139.69 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	101.41 %



**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 224 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

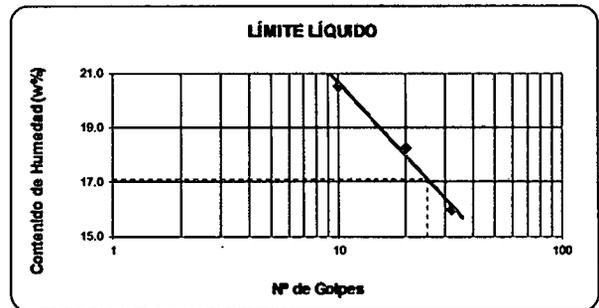
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA	Material granular + 2% de Cemento Portland Tipo I	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
---------	---	--------	-------------------------------

**LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)**

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	19	20	21		
Tara	19	20	21		
Wt	24.05	24.28	24.89		
W <sub>rh</sub> + t (gr)	80.31	87.32	76.72		
W <sub>rs</sub> + t (gr)	70.73	77.60	69.58		
W <sub>w</sub> (gr)	9.58	9.72	7.14		
W <sub>rs</sub> (gr)	46.68	53.32	44.69		
W (%)	20.52	18.23	15.98		
Nº Golpes	10	20	32	PROMEDIO	NP

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	17.00	ÍNDICE DE LIQUEZ (L):	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	NP	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (Cc):	0.06
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	NP	CONSISTENCIA RELATIVA (CR):	NP





HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076-366288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Santa Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular + 2% de Cemento Portland Tipo I	FECHA:	sábado, 11 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D 698)								COMPACTACION - C.B.R. (NTP 339.145 - ASTM D 1557)						DESPUES DE SATURACIÓN			
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1	2	3	
MOLDE Nº	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3		
Nº DE CAPAS	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3		
Nº DE GOLFES POR CAPA	56	56	56	56	56	56	56	56	13	27	56	13	27	56	13	27		
PESO DEL MOLDE (gr)	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00	7,699.00	7,683.00	7,753.00		
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72		
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	10,525.85	10,784.96	10,937.44	10,809.71	12,624.00	13,008.00	13,087.00	12,841.00	13,136.00	13,168.00	13,168.00	12,841.00	13,136.00	13,168.00	12,841.00	13,136.00		
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	4,526.85	4,765.96	4,938.44	4,810.71	4,941.00	5,255.00	5,388.00	5,158.00	5,383.00	5,469.00	5,469.00	5,158.00	5,383.00	5,469.00	5,158.00	5,383.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.15	2.26	2.35	2.29	2.14	2.28	2.33	2.23	2.33	2.36	2.36	2.23	2.33	2.36	2.23	2.33		
CONTENIDO DE HUMEDAD																		
Nº DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1	2	3	
PESO DE TARA (gr)	18.37	24.90	24.63	19.13	19.00	18.68	24.71	18.75	18.37	24.93	24.63	19.12	18.99	18.68	18.35	24.90	24.62	
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	251.11	211.41	220.22	253.21	193.59	201.40	199.90	190.69	231.07	223.62	209.72	233.06	198.11	192.69	206.51	210.96	225.52	
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	242.40	205.31	212.10	243.81	183.03	192.62	188.28	180.31	219.94	214.22	201.24	222.23	189.12	183.82	187.28	198.44	213.96	
PESO DEL AGUA (gr)	8.71	6.10	8.12	9.40	10.56	8.78	13.62	10.38	11.13	9.40	8.48	10.83	8.99	8.87	19.23	12.52	11.56	
PESO DE SUELO SECO (gr)	224.03	180.41	187.47	224.68	164.03	173.94	161.57	161.56	201.57	189.29	176.61	203.11	170.13	165.14	168.93	173.54	189.34	
HUMEDAD (%)	3.89	3.38	4.33	4.18	6.44	5.05	8.43	6.43	5.52	4.97	4.80	5.33	5.28	5.37	11.38	7.21	6.11	
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.63		4.26		5.74		7.43		5.24		5.07		5.33		11.38		6.11	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.08		2.17		2.22		2.13		2.03		2.17		2.21		2.01		2.23	

PENETRACIÓN			MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3		EXPANSIÓN				
(pulg)	(cm)	(mm)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO		M - 4	M - 5	M - 6
									DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA
0.000	0.000	0.000	0	0.00	-	-	-	-	0	13:00	0.122	0.219	0.348
0.025	0.060	0.640	1056	336.31	2,376.00	756.69	2,482.50	790.61	1	-	-	-	-
0.050	0.130	1.270	3740	1,191.08	4,405.50	1,403.03	4,642.50	1,478.50	2	-	-	-	-
0.075	0.190	1.910	5060	1,611.46	5,487.00	1,747.45	7,290.00	2,321.66	3	-	-	-	-
0.100	0.250	2.540	5940	1,891.72	7,920.00	2,522.29	8,421.00	2,681.85	4	13:00	0.127	0.224	0.351
0.125	0.320	3.180	7172	2,284.08	9,817.50	3,126.59	10,714.50	3,412.28	EXPANSION (%)		0.10	0.10	0.06
0.150	0.380	3.810	8184	2,606.37	10,857.00	3,457.64	11,982.00	3,815.92	EXPANSION PROM (%)		0.09		
0.175	0.440	4.450	8558	2,725.48	12,045.00	3,835.99	13,035.00	4,151.27	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO				
0.200	0.510	5.080	8844	2,816.56	13,002.00	4,140.76	14,817.00	4,718.79	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.230	gr/cm³	
0.300	0.760	7.620	9812	3,124.84	14,949.00	4,760.83	19,569.00	6,232.17	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		5.600	%	
0.400	1.020	10.160	10560	3,363.06	15,015.00	4,781.85	22,209.00	7,072.93					
0.500	1.270	12.700	11506	3,664.33	14,850.00	4,729.30	23,925.00	7,819.43					

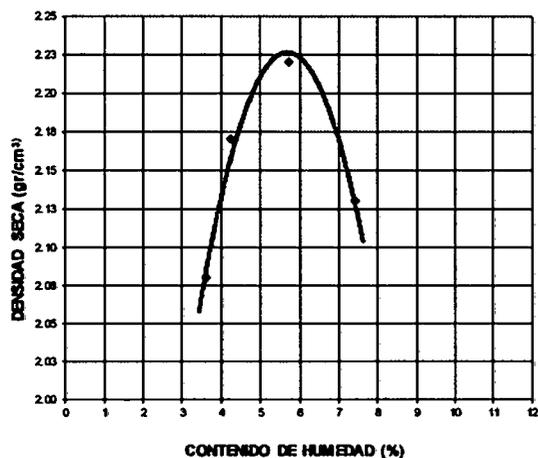


**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20463782761 Telefax: 076-365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

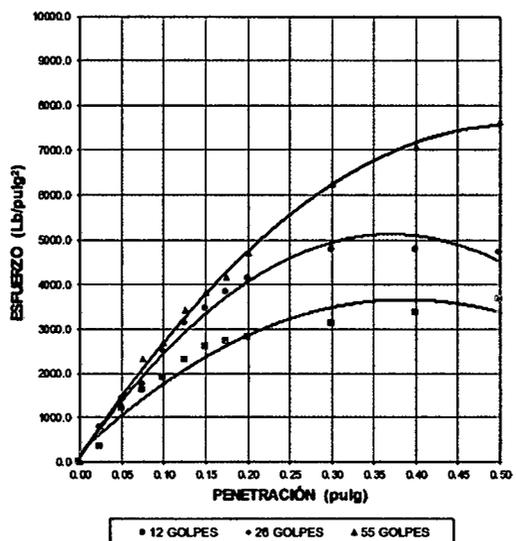
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"		
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas		
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón		
CANTERA:	El Guitarrero		
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca		

MUESTRA:	Material granular + 2% de Cemento Portland Tipo I	FECHA:	viernes, 17 de octubre de 2014
----------	---	--------	--------------------------------

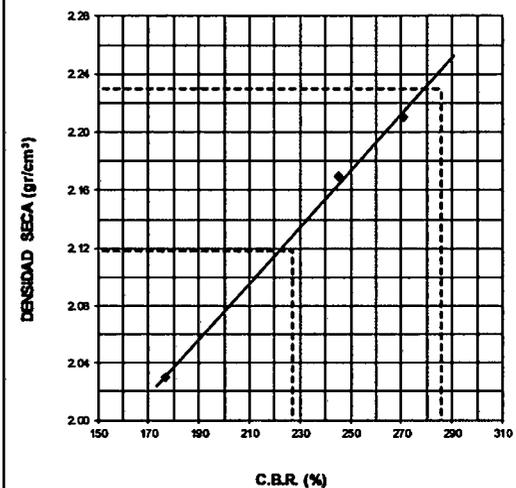
**CURVA DE COMPACTACIÓN**



**CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN**



**CURVAS CBR - DENSIDAD SECA**



Molde N°	1	2	3
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	1769.96	2453.67	2708.33
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	177.00	245.37	270.83
Ds (gr/cm³)	2.03	2.17	2.21

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.09 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDO	2.23 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.12 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO	5.60 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	285.68 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	227.00 %



HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 224 RUC: 20463782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

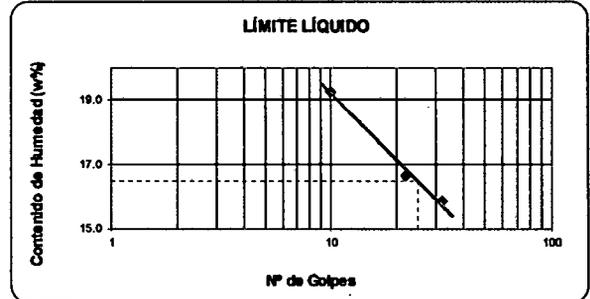
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmery Sarita Herrera Rojas
ASESOR:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA	Material granular + 4% de Cemento Portland Tipo I	FECHA:	sábado, 04 de octubre de 2014
---------	---	--------	-------------------------------

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D 4318)

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	Tara	32	33	34		
Wt		24.72	24.44	24.75		
W <sub>rrh</sub> + t (gr)		82.50	65.43	66.89		
W <sub>ms</sub> + t (gr)		73.17	59.58	61.12		
W <sub>w</sub> (gr)		9.33	5.85	5.77		
W <sub>ms</sub> (gr)		48.45	35.14	36.37		
W (%)		19.26	16.65	15.86		
Nº Golpes		10	22	32	PROMEDIO	NP

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	16.00	ÍNDICE DE LIQUEZ (L):	NP
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	NP	ÍNDICE DE COMPRESIÓN (Cc):	0.05
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP):	NP	CONSISTENCIA RELATIVA (CR):	NP





**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar N° 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076-365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular + 4% de Cemento Portland Tipo I	FECHA:	martes, 14 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

DATOS	PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO C (NTP 339.142 - ASTM D 688)								COMPACTACION - C.B.R (NTP 339.145 - ASTM D 683)						DESPUES DE SATURACION		
	1	1	1	1	1	1	1	1	4	5	6	4	5	6	4	5	6
MOLDE Nº	1	1	1	1	1	1	1	4	5	6	4	5	6	4	5	6	
Nº DE CAPAS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56	56	56	56	56	56	56	13	27	56	13	27	56	13	27	56	
PESO DEL MOLDE (gr)	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	5,999.00	7,916.00	7,731.00	7,903.00	7,916.00	7,731.00	7,903.00	7,916.00	7,731.00	7,903.00	
VOLUMEN DE MOLDE (cm³)	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,104.92	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23	2,309.37	2,305.72	2,314.23	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA HUMEDA (gr)	10,600.57	10,832.05	10,990.63	10,768.02	10,990.63	10,768.02	10,990.63	13,032.00	13,064.00	13,370.00	13,177.00	13,144.00	13,414.00	13,177.00	13,144.00	13,414.00	
PESO DE MUESTRA HUMEDA (gr)	4,601.57	4,833.05	4,991.63	4,769.02	4,991.63	4,769.02	4,991.63	5,116.00	5,333.00	5,467.00	5,261.00	5,413.00	5,511.00	5,261.00	5,413.00	5,511.00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.19	2.30	2.37	2.27	2.37	2.27	2.37	2.22	2.31	2.36	2.28	2.35	2.38	2.28	2.35	2.38	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																	
Nº DE TARA	9	10	11	12	13	14	15	16	6	7	8	9	10	11	1	2	3
PESO DE TARA (gr)	25.16	18.88	25.42	19.03	18.71	19.21	19.22	18.74	18.70	24.71	18.76	25.15	18.89	25.42	18.35	24.90	24.62
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA (gr)	234.29	227.63	209.33	227.16	248.12	210.47	198.54	197.51	201.14	204.38	213.43	233.23	224.25	214.02	187.40	208.17	208.41
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	226.94	220.33	201.74	218.18	235.95	199.29	185.64	185.28	189.66	193.59	202.53	220.29	210.85	202.04	175.27	195.70	198.12
PESO DEL AGUA (gr)	7.35	7.30	7.59	8.98	12.17	11.18	12.90	12.23	11.48	10.79	10.90	12.94	13.40	11.98	12.13	12.47	10.29
PESO DE SUELO SECO (gr)	201.78	201.45	176.32	199.15	217.24	180.08	166.42	166.54	170.96	168.88	183.77	195.14	191.96	176.62	156.92	170.80	173.50
HUMEDAD (%)	3.64	3.62	4.30	4.51	5.60	6.21	7.75	7.34	6.72	6.39	5.93	6.63	6.98	6.78	7.73	7.30	5.93
HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.63		4.41		5.91		7.55		6.55		6.28		6.88		7.73	7.30	5.93
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.11		2.20		2.24		2.11		2.08		2.18		2.21		2.11	2.19	2.25

PENETRACION			MOLDE Nº 1		MOLDE Nº 2		MOLDE Nº 3		EXPANSION				
(pulg)	(cm)	(mm)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	LECTURA DIAL	ESFUERZO (lb/pulg²)	TIEMPO		M - 4	M - 5	M - 6
									DÍAS	HORAS	LECTURA	LECTURA	LECTURA
0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	16:00	0.099	0.149	0.165
0.025	0.060	0.640	4,730.00	1,506.37	5,500.00	1,751.59	4,455.00	1,418.79	1	-	-	-	-
0.050	0.130	1.270	7,040.00	2,242.04	7,260.00	2,312.10	6,360.00	2,662.42	2	-	-	-	-
0.075	0.190	1.910	8,910.00	2,837.58	11,000.00	3,503.18	12,760.00	4,063.69	3	-	-	-	-
0.100	0.250	2.540	10,450.00	3,328.03	14,960.00	4,764.33	17,050.00	5,429.94	4	16:00	0.104	0.150	0.166
0.125	0.320	3.180	11,880.00	3,783.44	18,480.00	5,885.35	21,780.00	6,936.31	EXPANSION (%)		0.10	0.02	0.02
0.150	0.380	3.810	13,134.00	4,182.80	21,890.00	6,971.34	25,960.00	8,267.52	EXPANSION PROM (%)				0.05
0.175	0.440	4.450	14,190.00	4,519.11	24,970.00	7,952.23	29,480.00	9,388.54	RESULTADO PROCTOR MODIFICADO				
0.200	0.510	5.080	14,960.00	4,764.33	27,500.00	8,757.96	32,890.00	10,474.52	MÁXIMA DENSIDAD SECA		2.250		gr/cm³
0.300	0.760	7.620	17,820.00	5,675.16	32,890.00	10,474.52	44,000.00	14,012.74	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		5.500		%
0.400	1.020	10.160	19,140.00	6,095.54	33,880.00	10,789.81	50,600.00	16,114.65					
0.500	1.270	12.700	19,250.00	6,130.57	35,860.00	11,420.38	53,350.00	16,990.45					

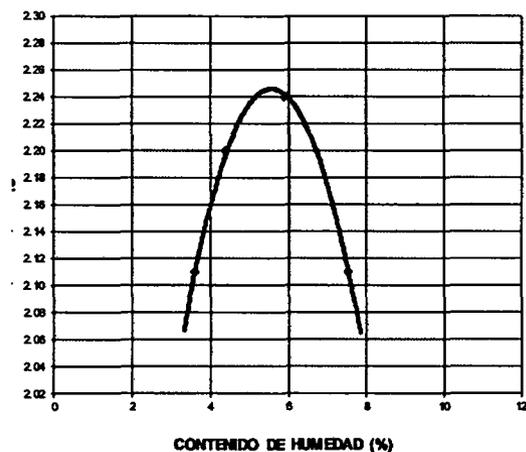


**HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL**  
 Domicilio social: Jr. La Mar Nº 239 RUC: 20453782761 Telefax: 076- 365288  
 email: hurteco@yahoo.es  
 Visite nuestra página web: www.hurteco.com

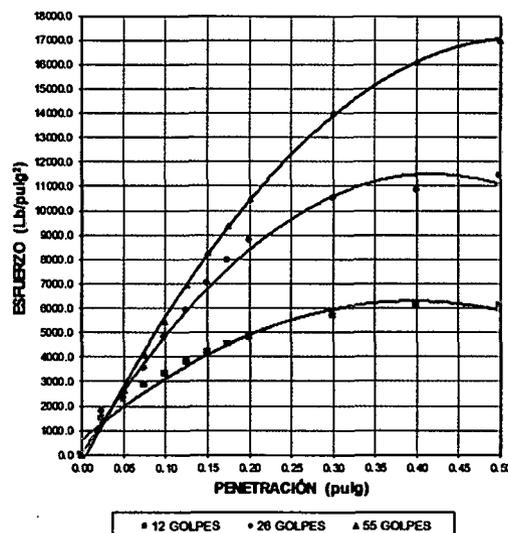
PROYECTO:	Tesis: "Efecto del Cemento Portland Tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos"
TESISTA:	Bach. I.C. Rosmary Sarita Herrera Rojas
ASESORA:	Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón
CANTERA:	El Guitarrero
UBICACIÓN:	Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

MUESTRA:	Material granular + 4% de Cemento Portland Tipo I	FECHA:	sábado, 18 de octubre de 2014
----------	---	--------	-------------------------------

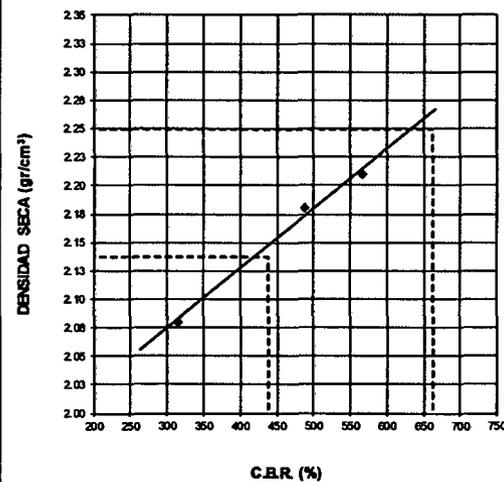
**CURVA DE COMPACTACIÓN**



**CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN**



**CURVAS CBR - DENSIDAD SECA**



Molde Nº	4	5	6
Penetración (pulg)	0.1"	0.1"	0.1"
Esfuerzo Terreno (lb/pulg²)	3138.42	4881.35	5675.03
Esfuerzo Patrón (lb/pulg²)	1000.00	1000.00	1000.00
CBR (%)	313.84	488.13	567.50
Ds (gr/cm³)	2.08	2.18	2.21

RESULTADOS	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 DÍAS DE SATURACIÓN
SOBRECARGA	10.00 lbs
EXPANSIÓN PROMEDIO	0.05 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDO	2.25 (gr/cm³)
95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA	2.14 (gr/cm³)
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO	5.50 %
CBR (100% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	663.80 %
CBR (95% DE LA MDS y 0.1" DE PENETRACIÓN)	438.80 %

# MATERIAL SUPLEMENTARIO

# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
 Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
 Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
 Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002  
 Versión 01

## Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
 Pacasmayo, 14 de octubre 2014

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.6	Máximo 6.0
SO3	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.7	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.37	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	10	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.12	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3460	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECÍFICA

### Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	25.4 (259)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	31.4 (321)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	41.2 (420)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

### Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	157	Mínimo 45
Fraguado Final	min	307	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-09-2014 al 30-09-2014.

La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de agosto 2014.

(\*) Requisito opcional.

**Ing. Ivanoff Rojas**  
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

## CERTIFICADO

El que suscribe Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos de la Empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL;

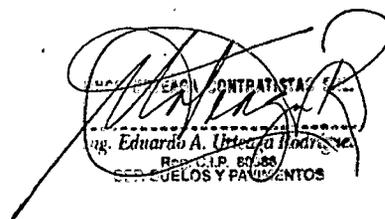
### CERTIFICA:

Que la Bachiller en Ingeniería Civil: **ROSMERY SARITA HERRERA ROJAS**, identificada con DNI N° 44766068, ex alumna de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado los ensayos: Granulometría, Límites de Consistencia, Compactación con energía modificada y CBR, correspondientes al Capítulo III: Materiales y Métodos de la Tesis Profesional denominada: **"EFECTO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I COMO ESTABILIZANTE DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EL GUITARRERO PARA BASE DE PAVIMENTOS RÍGIDOS"**; desde el 22 de septiembre al 24 de octubre del 2014; los resultados y contramuestra obran en este laboratorio.

En los ensayos realizados se desempeñó con eficiencia y responsabilidad.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado, para los fines que considere pertinentes.

Cajamarca, 29 de octubre de 2014.

  
Hnos. Urteaga Contratistas SRL  
Ing. Eduardo A. Urteaga Hódar  
R.C. S.P. 87-88  
SUELOS Y PAVIMENTOS

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA

Fundada por ley 14015 del 13 de febrero de 1962

CAJAMARCA – PERU

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

El que suscribe Jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### *CERTIFICA*

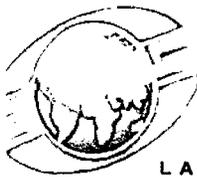
Que la Bachiller en Ingeniería Civil: **ROSMERY SARITA HERRERA ROJAS**, identificada con DNI N° 44766068, ex alumna de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado los ensayos siguientes: ensayo de Abrasión y ensayo de Penetración (California Bearing Ratio – CBR); correspondientes al Capítulo III: Materiales y Métodos de la Tesis Profesional denominada: “EFECTO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I COMO ESTABILIZANTE DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EL GUITARRERO PARA BASE DE PAVIMENTOS RÍGIDOS”; desde el 10 de octubre al 07 de noviembre del 2014; como consta en el libro de Registro del laboratorio.

En los ensayos realizados se desempeñó con eficiencia y responsabilidad.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado, para los fines que considere pertinentes.

Cajamarca, 17 de noviembre de 2014.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil  
M.Cs. Ing. **MAURO CENTURION MARCHAS**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 111-2013 PLM**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2013-07-13

**1. SOLICITANTE** : **HERMANOS URTEAGA CONTARTISTAS SRL****DIRECCIÓN** : Jr. La Mar N° 224 - Cajamarca - Cajamarca**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA****MARCA** : OHAUS**MODELO** : PAJ4102**NÚMERO DE SERIE** : B203628139**ALCANCE DE INDICACIÓN** : 4100 g**DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN** : 0,01 g**DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e )** : 0,1 g**PROCEDENCIA** : CHINA**IDENTIFICACIÓN** : NO INDICA**TIPO** : ELECTRÓNICA**UBICACIÓN** : LABORATORIO**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2013-07-13**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, 4ta edición abril 2010.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda. Sucursal del Perú.  
Calle Ricardo Palma N° 998 Urb. San Joaquín - Bellavista Callao.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERÚ no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Justo Carlos Quispe Morales  
Supervisor del Laboratorio de Metrología





### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,2 °C	17,9 °C
Humedad Relativa	78 %	78 %

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de PINZUAR LTDA.	Pesas (exactitud F1 Y F2)	MET12-CC6071 MET12-CC6069

### 7. OBSERVACIONES

Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

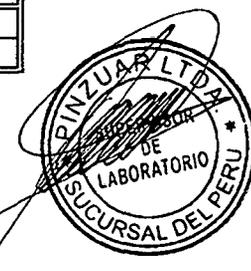
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

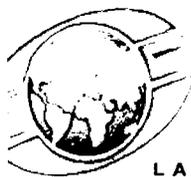
### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 18,2			Final 18,2		
	Carga L1= 2 000,00 g			Carga L2= 4 000,00 g		
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)
1	2 000,00	5	0	4 000,00	5	0
2	2 000,00	4	1	4 000,00	4	1
3	2 000,00	5	0	4 000,00	5	0
4	2 000,00	6	-1	4 000,00	4	1
5	2 000,00	5	0	4 000,00	5	0
6	2 000,00	4	1	4 000,00	6	-1
7	2 000,00	6	-1	4 000,00	5	0
8	2 000,00	5	0	4 000,00	6	-1
9	2 000,00	6	-1	4 000,00	5	0
10	2 000,00	5	0	4 000,00	6	-1
Diferencia Máxima			2	2		
Error máximo permitido ±			200 mg	± 300 mg		





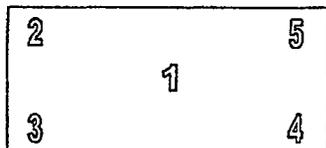
**PINZUAR LTDA**

LABORATORIO DE METROLOGÍA

A TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 111-2013 PLM

Página 3 de 3



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Vista Frontal

	Inicial	Final
Temp. (°C)	18,0	18,0

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,10	0,10	5	0	1 400,00	1 400,00	6	-1	-1
2		0,10	4	1		1 400,00	5	0	-1
3		0,10	6	-1		1 400,00	6	-1	0
4		0,10	5	0		1 400,00	5	0	0
5		0,10	5	0		1 400,00	5	0	0

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

	Inicial	Final
Temp. (°C)	17,9	17,9

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**) ±(mg)
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,10	0,10	5	0						100
0,20	0,20	4	1	1	0,20	5	0	0	100
200,00	200,00	5	0	0	200,00	4	1	1	100
500,00	500,00	6	-1	-1	500,00	5	0	0	100
1 000,00	1 000,00	5	0	0	1 000,00	6	-1	-1	200
1 800,00	1 800,00	6	-1	-1	1 800,00	5	0	0	200
2 500,00	2 500,00	5	0	0	2 500,00	6	-1	-1	300
2 800,00	2 800,00	4	1	1	2 800,00	5	0	0	300
3 200,00	3 200,00	4	1	1	3 200,00	4	1	1	300
3 600,00	3 600,00	5	0	0	3 600,00	5	0	0	300
4 100,00	4 100,00	6	-1	-1	4 100,00	6	-1	-1	300

(\*\*) error máximo permitido

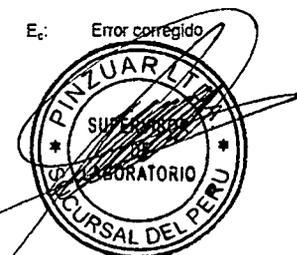
**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 2,69E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,73E-05 \text{ g}^2 + 3,34E-11 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza      ΔL: Carga Incrementada      E: Error encontrado      E<sub>0</sub>: Error en cero      E<sub>c</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico      E-xx = 10<sup>-xx</sup>      (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)





**PINZUAR** LTDA

LABORATORIO DE METROLOGÍA

LA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 120-2013 PLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2013-07-27

**1. SOLICITANTE** : HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL

**DIRECCIÓN** : Jr. La Mar 224 (Barrio Cumbe Mayo)  
Cajamarca - Cajamarca.

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : BALANZA

**MARCA** : OHAUS

**MODELO** : EB-30

**NÚMERO DE SERIE** : 8033071754

**ALCANCE DE INDICACIÓN** : 30 kg

**DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN** : 0,001 kg

**DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)** : 0,001 kg

**PROCEDENCIA** : CHINA

**IDENTIFICACIÓN** : NO INDICA

**TIPO** : ELECTRÓNICA

**UBICACIÓN** : NO INDICA

**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2013-07-22

La incertidumbre reportada en el presente informe de inspección es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la Inspección. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERÚ no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**3. PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA UTILIZADO**

Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, 4ta edición abril 2010.

**4. LUGAR DE INSPECCIÓN**

Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda Sucursal del Perú.  
Jr. La Mar 224 (Barrio Cumbe Mayo) Cajamarca - Cajamarca.

Juan Carlos Góngora Morales  
Supervisor del Laboratorio de Metrología





### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19,2 °C	19,2 °C
Humedad Relativa	80 %	80 %

### 6. TRAZABILIDAD

Este informe de inspección documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI y PINZUAR LTDA.	Pesas (exactitud)	LM-C-246-2011 LM-C-247-2011 9594

### 7. OBSERVACIONES

Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

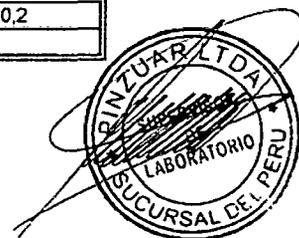
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15,000 kg			Carga L2= 30,000 kg		
	I(kg)	$\Delta L$ (g)	E (g)	I(kg)	$\Delta L$ (g)	E (g)
1	15,000	0,4	0,1	30,000	0,5	0,0
2	15,000	0,5	0,0	30,000	0,6	-0,1
3	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,5	0,0
4	15,000	0,4	0,1	30,000	0,4	0,1
5	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,4	0,1
6	15,000	0,5	0,0	30,000	0,6	-0,1
7	15,000	0,4	0,1	30,000	0,5	0,0
8	15,001	0,5	1,0	30,000	0,4	0,1
9	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,5	0,0
10	15,000	0,4	0,1	30,000	0,6	-0,1
Diferencia Máxima			1,1	0,2		
Error máximo permitido $\pm$			2 g	$\pm$ 3 g		







**PINZUAR** LTDA

LABORATORIO DE METROLOGÍA

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

## INFORME DE CALIBRACIÓN N° 117-2013 PLT

Página 1 de 4

FECHA DE EMISIÓN : 2013-07-27

1. SOLICITANTE : HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL.

DIRECCIÓN : Jr. La Mar 224 (Barrio Cumbe Mayo) Cajamarca - Cajamarca.

2. EQUIPO DE MEDICIÓN : HORNO ELÉCTRICO

MARCA : NO INDICA

MODELO : NO INDICA

NÚMERO DE SERIE : NO INDICA

PROCEDENCIA : NO INDICA

IDENTIFICACIÓN : N° 01

UBICACIÓN : LABORATORIO

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

DESCRIPCIÓN	TERMOSTATO DEL EQUIPO
ALCANCE DE INDICACIÓN	50 °C a 300 °C
DIVISIÓN DE ESCALA	10 °C
TIPO	ANALÓGICO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2013-07-22

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

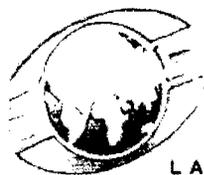
La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se usó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en las instalaciones de HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL. Jr. La Mar 224 (Barrio Cumbe Mayo) Cajamarca - Cajamarca.

Supervisor del Laboratorio de Metrología



**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura °C	19,1	19,1
Humedad Relativa %HR	51	51

**6. TRAZABILIDAD**

Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PINZUAR LTDA.	Termómetro digital con diez termopares	128-2012 PLT

**7. OBSERVACIONES**

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerado, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 h y 50 min.

El esquema de distribución y posición de los termopares calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

Para la temperatura de 110 °C

La calibración se realizó sin carga.

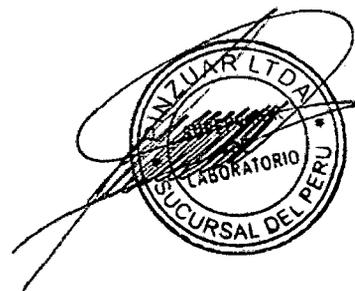
Se dejó marcada la posición del termostato para obtener cada temperatura de trabajo.

El promedio de temperatura durante la medición fue 112 °C.

La máxima temperatura detectada fue 167,2 °C y la mínima temperatura detectada fue 85,5 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.





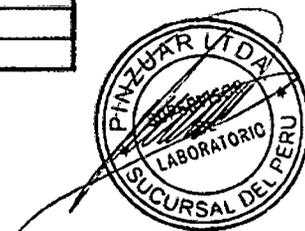
**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C**

Tiempo ( min )	Termómetro del equipo ( °C )	Indicación termómetros patrones (°C)										Tprom ( °C )	Tmax-Tmin ( °C )
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	0,0	95,1	103,6	96,9	91,3	98,8	96,9	98,1	96,1	97,8	100,1	97,5	12,3
02	0,0	92,0	99,4	93,7	89,4	95,9	94,9	95,0	93,1	94,1	93,3	94,1	10,0
04	0,0	89,3	95,8	90,6	85,7	92,7	90,7	94,1	90,2	91,3	90,1	91,1	10,1
06	0,0	107,2	124,4	100,1	100,3	118,5	119,3	124,2	116,0	121,5	126,6	115,8	26,5
08	0,0	157,5	167,2	124,2	119,7	151,4	134,6	142,1	130,3	134,8	132,1	139,4	47,5
10	0,0	136,9	153,4	118,4	115,0	138,9	126,5	134,9	123,1	127,5	125,4	130,1	38,4
12	0,0	122,2	140,9	116,0	110,1	129,9	121,2	126,6	118,2	121,0	118,1	122,4	30,8
14	0,0	114,2	131,6	112,1	105,5	121,0	115,9	120,2	113,1	115,7	113,4	116,3	26,1
16	0,0	109,3	123,4	108,5	102,9	115,9	110,8	115,1	109,2	111,1	109,1	111,5	20,5
18	0,0	103,9	116,4	105,2	99,2	109,8	106,2	109,5	104,9	106,3	104,5	106,6	17,2
20	0,0	89,5	110,4	101,2	100,9	105,0	101,8	105,1	102,4	102,9	102,3	103,2	10,9
22	0,0	95,9	103,4	97,9	93,1	100,9	98,2	99,7	98,4	98,4	97,3	98,3	10,3
24	0,0	92,7	101,5	94,7	89,4	91,0	94,8	96,4	94,4	95,0	94,4	94,4	12,1
26	0,0	89,0	96,5	91,0	85,5	93,2	91,0	92,4	90,5	91,1	90,5	91,1	11,0
28	0,0	93,0	109,0	92,2	91,2	104,1	102,6	107,9	100,7	104,1	105,0	101,0	17,8
30	0,0	156,5	166,1	123,3	119,6	149,9	104,6	142,3	131,8	128,0	133,1	135,5	61,5
32	0,0	143,7	153,4	122,0	116,9	144,5	133,6	138,7	126,0	130,4	123,3	133,3	36,5
34	0,0	124,9	145,2	118,2	112,0	133,3	123,7	129,2	120,2	123,4	120,5	125,1	33,2
36	0,0	116,9	135,1	114,2	108,2	124,6	117,9	122,7	115,5	117,7	114,8	118,8	26,9
38	0,0	111,6	128,1	111,3	104,7	117,9	112,8	117,4	114,3	113,8	110,7	114,3	23,4
40	0,0	106,7	119,4	107,4	100,7	112,7	108,7	113,8	107,4	109,3	107,1	109,3	18,7
42	0,0	101,9	114,1	104,1	97,4	108,1	104,7	107,9	103,5	104,9	103,5	105,0	16,7
44	0,0	98,6	108,2	100,3	94,2	103,3	100,6	102,5	99,6	99,1	93,6	100,0	14,6
46	0,0	95,2	103,7	97,0	91,4	99,3	97,4	98,9	96,6	97,4	96,5	97,3	12,3
48	0,0	91,9	99,3	93,7	88,6	95,9	94,1	95,3	93,4	94,0	93,1	93,9	10,7
50	0,0	88,5	95,5	90,5	85,8	92,3	90,7	91,9	90,1	90,7	89,9	90,6	9,7
52	0,0	113,8	132,4	102,1	101,8	121,5	121,1	128,5	117,1	122,5	123,3	118,4	30,6
54	0,0	155,6	166,9	124,4	119,9	150,7	134,9	141,9	132,1	135,4	132,6	139,4	47,0
56	0,0	140,7	159,4	121,6	118,9	143,5	131,7	137,8	126,2	130,9	128,0	133,9	40,5
58	0,0	123,9	144,2	118,4	112,8	135,4	123,4	129,6	121,0	123,7	120,8	125,3	31,4
60	0,0	116,9	135,1	114,2	108,2	124,6	117,9	122,7	115,5	117,7	114,8	118,8	26,9
T. PROM	0,0	112,4	125,3	106,7	102,0	116,9	110,4	115,6	109,4	111,3	109,9	112,0	
T. MAX	0,0	157,5	167,2	124,4	119,9	151,4	134,9	142,3	132,1	135,4	133,1		
T. MIN	0,0	88,5	95,5	90,5	85,5	91,0	90,7	91,9	90,1	90,7	89,9		
DTT	0,0	69,0	71,7	33,9	34,4	60,4	44,2	50,4	42,0	44,7	43,2		

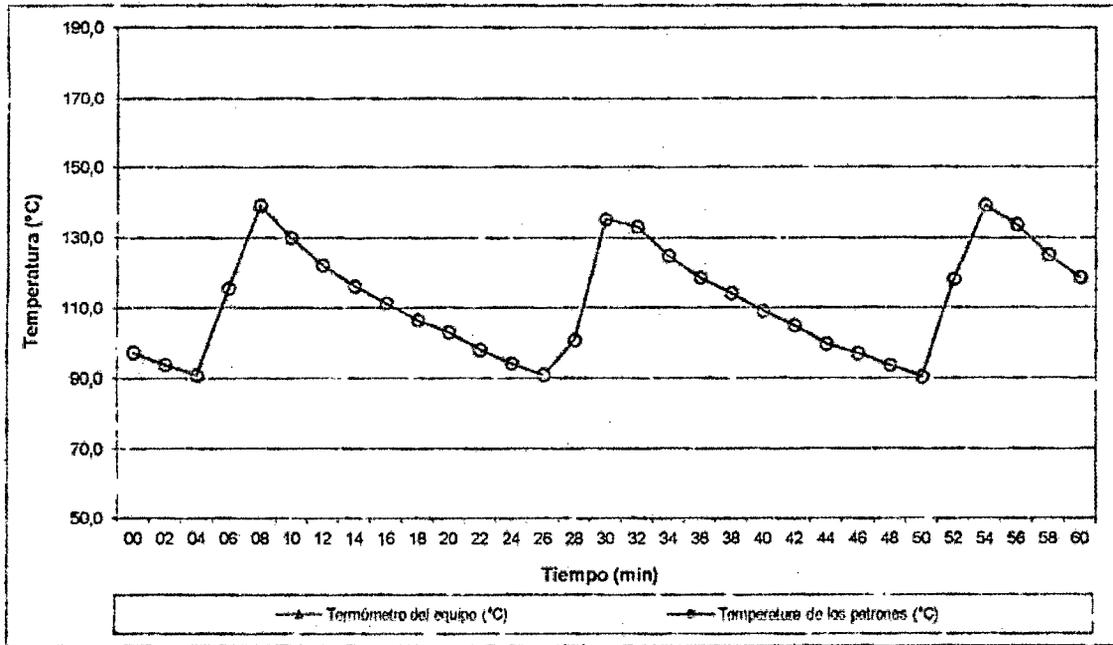
PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	167,2	1,2
Mínima Temperatura Medida	85,5	1,1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	71,7	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	23,3	4,8
Estabilidad Medida (±)	35,9	0,04
Uniformidad Medida	61,5	1,7

- T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T.prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.
- T.MAX: Temperatura máxima.
- T.MIN: Temperatura mínima.
- DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.

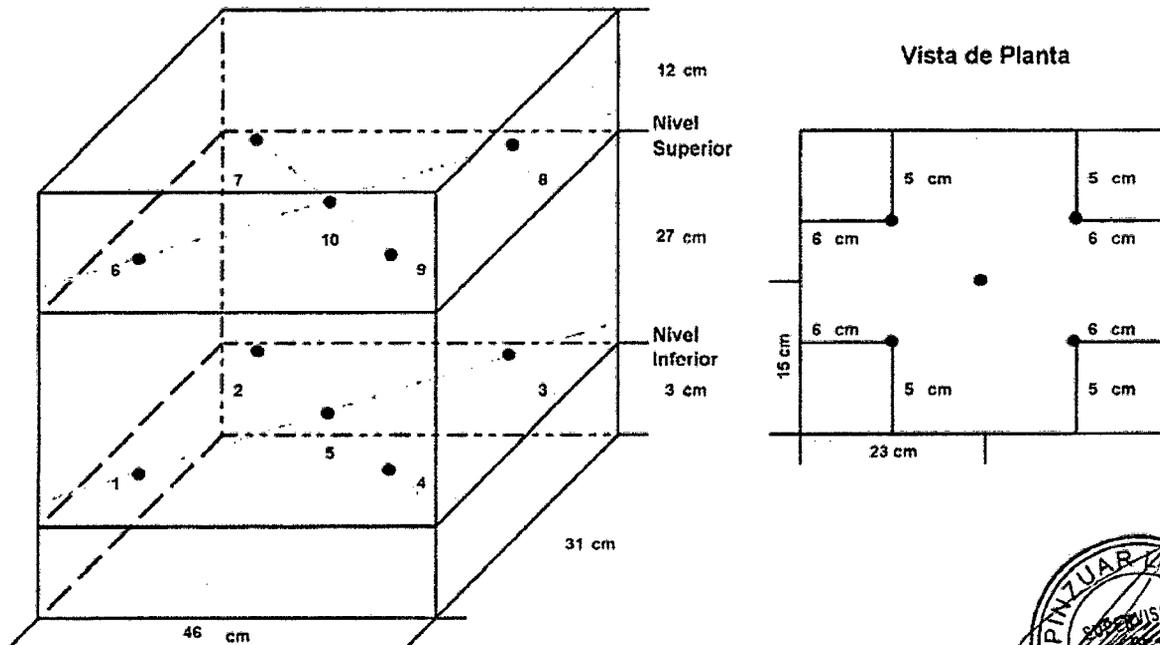




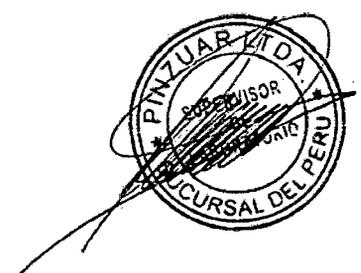
### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



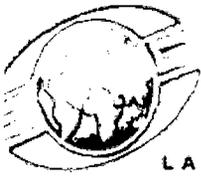
### UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 15 mm de altura sobre sus respectivos niveles.







**PINZUAR** LTDA

LABORATORIO DE METROLOGÍA

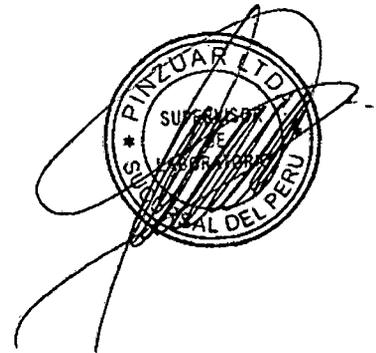
LTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Página 2 de 2

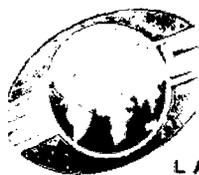
MOLDE PARA ENSAYO PROCTOR ESTANDAR MODIFICADO Nº 2					
Altura del Molde (mm)	Longitud Convencional (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
167,23 ± 1,28	167,53	167,45	167,51	167,50	-0,27

Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
152,4 ± 0,66	152,25	152,31	152,27	152,28	0,12







**PINZUAR** LTDA

LABORATORIO DE METROLOGÍA

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 131-2013 PLC

Página 2 de 3

MOLDE PARA ENSAYO CBR N° 2					
Altura del Molde (mm)	Longitud Convencional (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
228,6 ± 0,46	228,47	228,36	228,52	228,45	0,15

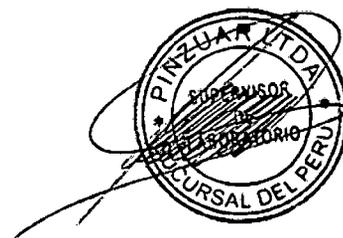
Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
152,4 ± 0,66	152,31	152,4	152,37	152,4	0,04

MOLDE PARA ENSAYO CBR N° 3					
Altura del Molde (mm)	Longitud Convencional (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
228,6 ± 0,46	228,57	228,62	228,59	228,59	0,01

Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
152,4 ± 0,66	152,42	152,45	152,51	152,5	-0,06

MOLDE PARA ENSAYO CBR N° 4					
Altura del Molde (mm)	Longitud Convencional (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
228,6 ± 0,46	228,42	228,44	228,39	228,42	0,18

Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
152,4 ± 0,66	152,31	152,42	152,37	152,4	0,03





**PINZUAR** LTDA

LABORATORIO DE METROLOGÍA

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 131-2013 PLC

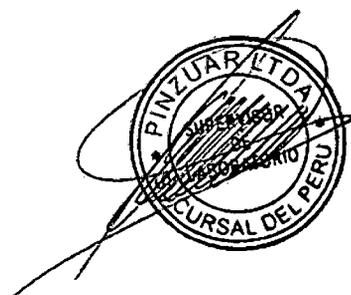
Página 3 de 3

MOLDE PARA ENSAYO CBR N° 5					
Altura del Molde (mm)	Longitud Convencional (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
228,6 ± 0,46	228,62	228,58	228,56	228,59	0,01

Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
152,4 ± 0,66	152,38	152,42	152,37	152,39	0,01

MOLDE PARA ENSAYO CBR N° 6					
Altura del Molde (mm)	Longitud Convencional (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
228,6 ± 0,46	228,62	228,64	228,66	228,64	-0,04

Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
152,4 ± 0,66	152,39	152,38	152,37	152,4	0,02



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 125-2013 PLF**

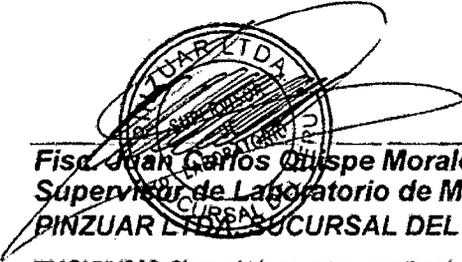
2013 - 07 - 23

Pág. 1 de 3

**Solicitante:** HÑOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL  
**Dirección:** Jr. La Mar 224 (Barrio Cumbe Mayo) Cajamarca - Cajamarca.  
**Equipo / Tipo:** ANILLO DE CARGA PARA PRENSA DE COMPRESIÓN CBR  
**Fabricante:** NO INDICA  
**Modelo:** NO INDICA  
**Serie:** WA 445486  
**Carga máxima ( $F_N$ ):** 10000 lb-f  
**Ubicación del Instrumento:** Laboratorio  
**Patrón de Calibración:** Celda de carga  
**Trazabilidad:** INM N° 21410 Celda de Carga 14711  
**Método de Calibración:** Según ASTM E 4 / NTC 7500 - 1

**TABLA DE RESULTADOS**

Lectura del dial (Unid. de escala)	Carga aplicada (Lect. del patrón)			Promedio F	Error de Repetibilidad b %
	F <sub>1</sub> kg-f	F <sub>2</sub> kg-f	F <sub>3</sub> kg-f	(F <sub>1</sub> +F <sub>2</sub> +F <sub>3</sub> ) / 3 kg-f	
10	510,1	510,3	510,2	510,2	0,04
20	1024,9	1021,5	1023,2	1023,2	0,33
30	1533,6	1534,4	1534,0	1534,0	0,05
40	2037,0	2037,3	2037,2	2037,2	0,01
50	2545,5	2546,5	2546,0	2546,0	0,04
60	3053,9	3051,6	3052,7	3052,7	0,08
70	3555,0	3552,6	3553,8	3553,8	0,07
80	4053,1	4052,0	4052,5	4052,5	0,03
90	4546,3	4542,1	4544,2	4544,2	0,09
100	5069,5	5072,1	5070,8	5070,8	0,05

  
**Fisc. Juan Carlos Quijpe Morales**  
**Supervisor de Laboratorio de Metrología.**  
**PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ**

**TRAZABILIDAD:** Pinzuar Ltda. asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(\*) Este Informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron. Pinzuar Ltda. Sucursal del Perú no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento y/o la información contenida en este documento.



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

#### Tabla de calibración

No. 125-2013 PLF

$$\text{Carga (kg-f)} = A_0 + A_1 \cdot X + A_2 \cdot X^2 + A_3 \cdot X^3;$$

X = lectura del dial (\*)

$$A_0 = -1,3513E+1$$

$$A_1 = 5,2558E+1$$

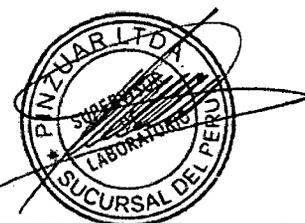
$$A_2 = -3,7379E-2$$

$$A_3 = 1,9589E-4$$

Desvío estándar del ajuste:

6,65

Lectura	Carga en kg-f									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
1	39,008	44,256	49,503	54,749	59,995	65,240	70,485	75,728	80,971	86,213
2	91,455	96,695	101,935	107,174	112,413	117,651	122,888	128,124	133,360	138,595
3	143,829	149,063	154,295	159,527	164,759	169,989	175,219	180,449	185,677	190,905
4	196,132	201,359	206,584	211,809	217,034	222,257	227,480	232,703	237,924	243,145
5	248,365	253,585	258,804	264,022	269,239	274,456	279,672	284,887	290,102	295,316
6	300,530	305,742	310,954	316,166	321,376	326,586	331,796	337,004	342,212	347,420
7	352,626	357,832	363,037	368,242	373,446	378,649	383,852	389,054	394,255	399,456
8	404,656	409,856	415,054	420,252	425,450	430,647	435,843	441,038	446,233	451,427
9	456,621	461,814	467,006	472,198	477,389	482,579	487,769	492,958	498,146	503,334
10	508,521	513,708	518,894	524,079	529,264	534,448	539,631	544,814	549,996	555,178
11	560,36	565,54	570,72	575,90	581,08	586,25	591,43	596,61	601,78	606,96
12	612,13	617,31	622,48	627,66	632,83	638,00	643,17	648,34	653,51	658,68
13	663,85	669,02	674,19	679,35	684,52	689,68	694,85	700,01	705,18	710,34
14	715,50	720,67	725,83	730,99	736,15	741,31	746,47	751,63	756,79	761,95
15	767,10	772,26	777,41	782,57	787,72	792,88	798,03	803,19	808,34	813,49
16	818,64	823,79	828,94	834,09	839,24	844,39	849,54	854,69	859,83	864,98
17	870,13	875,27	880,42	885,56	890,70	895,85	900,99	906,13	911,27	916,42
18	921,56	926,70	931,84	936,97	942,11	947,25	952,39	957,52	962,66	967,80
19	972,93	978,07	983,20	988,33	993,47	998,60	1003,73	1008,86	1013,99	1019,12
20	1024,25	1029,38	1034,51	1039,64	1044,77	1049,90	1055,02	1060,15	1065,28	1070,40
21	1075,53	1080,65	1085,78	1090,90	1096,02	1101,14	1106,27	1111,39	1116,51	1121,63
22	1126,75	1131,87	1136,99	1142,11	1147,22	1152,34	1157,46	1162,58	1167,69	1172,81
23	1177,92	1183,04	1188,15	1193,26	1198,38	1203,49	1208,60	1213,71	1218,83	1223,94
24	1229,05	1234,16	1239,27	1244,38	1249,49	1254,59	1259,70	1264,81	1269,91	1275,02
25	1280,13	1285,23	1290,34	1295,44	1300,54	1305,65	1310,75	1315,85	1320,96	1326,06
26	1331,16	1336,26	1341,36	1346,46	1351,56	1356,66	1361,76	1366,86	1371,95	1377,05
27	1382,15	1387,25	1392,34	1397,44	1402,53	1407,63	1412,72	1417,82	1422,91	1428,00
28	1433,10	1438,19	1443,28	1448,37	1453,46	1458,55	1463,64	1468,73	1473,82	1478,91
29	1484,00	1489,09	1494,18	1499,26	1504,35	1509,44	1514,52	1519,61	1524,69	1529,78
30	1534,86	1539,95	1545,03	1550,11	1555,20	1560,28	1565,36	1570,44	1575,53	1580,61
31	1585,69	1590,77	1595,85	1600,93	1606,01	1611,08	1616,16	1621,24	1626,32	1631,40
32	1636,47	1641,55	1646,63	1651,70	1656,78	1661,85	1666,93	1672,00	1677,08	1682,15
33	1687,22	1692,29	1697,37	1702,44	1707,51	1712,58	1717,65	1722,72	1727,79	1732,86
34	1737,93	1743,00	1748,07	1753,14	1758,21	1763,28	1768,35	1773,41	1778,48	1783,55
35	1788,61	1793,68	1798,74	1803,81	1808,87	1813,94	1819,00	1824,07	1829,13	1834,19
36	1839,26	1844,32	1849,38	1854,44	1859,51	1864,57	1869,63	1874,69	1879,75	1884,81
37	1889,87	1894,93	1899,99	1905,05	1910,10	1915,16	1920,22	1925,28	1930,34	1935,39
38	1940,45	1945,51	1950,56	1955,62	1960,67	1965,73	1970,78	1975,84	1980,89	1985,95
39	1991,00	1996,05	2001,11	2006,16	2011,21	2016,26	2021,32	2026,37	2031,42	2036,47
40	2041,52	2046,57	2051,62	2056,67	2061,72	2066,77	2071,82	2076,87	2081,92	2086,97
41	2092,02	2097,06	2102,11	2107,16	2112,21	2117,25	2122,30	2127,35	2132,39	2137,44
42	2142,48	2147,53	2152,57	2157,62	2162,66	2167,71	2172,75	2177,79	2182,84	2187,88
43	2192,92	2197,97	2203,01	2208,05	2213,09	2218,14	2223,18	2228,22	2233,26	2238,30
44	2243,34	2248,38	2253,42	2258,46	2263,50	2268,54	2273,58	2278,62	2283,66	2288,70
45	2293,74	2298,78	2303,81	2308,85	2313,89	2318,93	2323,96	2329,00	2334,04	2339,07
46	2344,11	2349,15	2354,18	2359,22	2364,25	2369,29	2374,32	2379,36	2384,39	2389,43
47	2394,46	2399,50	2404,53	2409,56	2414,60	2419,63	2424,66	2429,70	2434,73	2439,76
48	2444,79	2449,83	2454,88	2459,89	2464,92	2469,95	2474,99	2480,02	2485,05	2490,08
49	2495,11	2500,14	2505,17	2510,20	2515,23	2520,26	2525,29	2530,32	2535,35	2540,38
50	2545,41	2550,43	2555,46	2560,49	2565,52	2570,55	2575,58	2580,60	2585,63	2590,65





**PINZUAR LTDA**

**LABORATORIO DE METROLOGÍA**

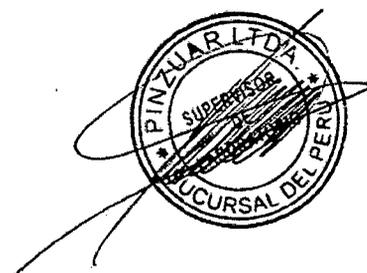
LTDA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Pág. 3 de 3

No. 125-2013 PLF

51	2395,69	2600,71	2605,74	2610,77	2615,80	2620,82	2625,85	2630,87	2635,90	2640,93
52	2645,95	2650,98	2655,00	2661,03	2666,06	2671,08	2676,11	2681,13	2686,16	2691,18
53	2696,21	2701,23	2706,25	2711,28	2716,30	2721,33	2726,35	2731,38	2736,40	2741,42
54	2746,45	2751,47	2756,49	2761,52	2766,54	2771,56	2776,58	2781,61	2786,63	2791,65
55	2796,67	2801,70	2806,72	2811,74	2816,76	2821,79	2826,81	2831,83	2836,85	2841,87
56	2846,89	2851,91	2856,94	2861,96	2866,98	2872,00	2877,02	2882,04	2887,06	2892,08
57	2897,10	2902,12	2907,14	2912,16	2917,18	2922,21	2927,23	2932,25	2937,27	2942,29
58	2947,31	2952,33	2957,34	2962,36	2967,38	2972,40	2977,42	2982,44	2987,46	2992,48
59	2997,50	3002,52	3007,54	3012,56	3017,58	3022,60	3027,62	3032,63	3037,65	3042,67
60	3047,69	3052,71	3057,73	3062,75	3067,77	3072,78	3077,80	3082,82	3087,84	3092,86
61	3097,88	3102,90	3107,91	3112,93	3117,95	3122,97	3127,99	3133,00	3138,02	3143,04
62	3148,06	3153,08	3158,10	3163,11	3168,13	3173,15	3178,17	3183,19	3188,20	3193,22
63	3198,24	3203,26	3208,28	3213,29	3218,31	3223,33	3228,35	3233,37	3238,38	3243,40
64	3248,42	3253,44	3258,46	3263,47	3268,49	3273,51	3278,53	3283,55	3288,56	3293,58
65	3298,60	3303,62	3308,64	3313,66	3318,67	3323,69	3328,71	3333,73	3338,75	3343,76
66	3348,78	3353,80	3358,82	3363,84	3368,86	3373,88	3378,89	3383,91	3388,93	3393,95
67	3398,97	3403,99	3409,01	3414,02	3419,04	3424,06	3429,08	3434,10	3439,12	3444,14
68	3449,16	3454,18	3459,20	3464,22	3469,23	3474,25	3479,27	3484,29	3489,31	3494,33
69	3499,35	3504,37	3509,39	3514,41	3519,43	3524,45	3529,47	3534,49	3539,51	3544,53
70	3549,55	3554,57	3559,59	3564,61	3569,63	3574,66	3579,68	3584,70	3589,72	3594,74
71	3599,76	3604,78	3609,80	3614,82	3619,85	3624,87	3629,89	3634,91	3639,93	3644,95
72	3649,98	3655,00	3660,02	3665,04	3670,07	3675,09	3680,11	3685,13	3690,16	3695,18
73	3700,20	3705,23	3710,25	3715,27	3720,30	3725,32	3730,34	3735,37	3740,39	3745,42
74	3750,44	3755,47	3760,49	3765,52	3770,54	3775,56	3780,59	3785,61	3790,64	3795,67
75	3800,69	3805,72	3810,74	3815,77	3820,79	3825,82	3830,85	3835,87	3840,90	3845,93
76	3850,95	3855,98	3861,01	3866,04	3871,06	3876,09	3881,12	3886,15	3891,18	3896,20
77	3901,23	3906,26	3911,28	3916,32	3921,35	3926,38	3931,41	3936,44	3941,47	3946,50
78	3951,53	3956,56	3961,59	3966,62	3971,65	3976,68	3981,71	3986,74	3991,77	3996,80
79	4001,84	4006,87	4011,90	4016,93	4021,97	4027,00	4032,03	4037,06	4042,10	4047,13
80	4052,17	4057,20	4062,23	4067,27	4072,30	4077,34	4082,37	4087,41	4092,44	4097,48
81	4102,51	4107,55	4112,59	4117,62	4122,66	4127,69	4132,73	4137,77	4142,81	4147,84
82	4152,88	4157,92	4162,96	4168,00	4173,03	4178,07	4183,11	4188,15	4193,19	4198,23
83	4203,27	4208,31	4213,35	4218,39	4223,43	4228,47	4233,52	4238,56	4243,60	4248,64
84	4253,68	4258,73	4263,77	4268,81	4273,86	4278,90	4283,94	4288,99	4294,03	4299,08
85	4304,12	4309,17	4314,21	4319,26	4324,30	4329,35	4334,40	4339,44	4344,49	4349,54
86	4354,58	4359,63	4364,68	4369,73	4374,77	4379,82	4384,87	4389,92	4394,97	4400,02
87	4405,07	4410,12	4415,17	4420,22	4425,27	4430,33	4435,38	4440,43	4445,48	4450,53
88	4455,59	4460,64	4465,69	4470,75	4475,80	4480,86	4485,91	4490,96	4496,02	4501,08
89	4506,13	4511,19	4516,24	4521,30	4526,36	4531,41	4536,47	4541,53	4546,59	4551,65
90	4556,71	4561,76	4566,82	4571,88	4576,94	4582,00	4587,06	4592,13	4597,19	4602,25
91	4607,31	4612,37	4617,44	4622,50	4627,56	4632,63	4637,69	4642,75	4647,82	4652,88
92	4657,95	4663,01	4668,08	4673,15	4678,21	4683,28	4688,35	4693,41	4698,48	4703,55
93	4708,62	4713,69	4718,76	4723,83	4728,90	4733,97	4739,04	4744,11	4749,18	4754,25
94	4759,32	4764,40	4769,47	4774,54	4779,62	4784,69	4789,76	4794,84	4799,91	4804,99
95	4810,07	4815,14	4820,22	4825,29	4830,37	4835,45	4840,53	4845,61	4850,68	4855,76
96	4860,84	4865,92	4871,00	4876,08	4881,17	4886,25	4891,33	4896,41	4901,49	4906,58
97	4911,66	4916,74	4921,83	4926,91	4932,00	4937,08	4942,17	4947,25	4952,34	4957,43
98	4962,51	4967,60	4972,69	4977,78	4982,87	4987,96	4993,05	4998,14	5003,23	5008,32
99	5013,41	5018,50	5023,59	5028,68	5033,78	5038,87	5043,97	5049,06	5054,16	5059,25
100	5064,35									





**PINZUAR LTDA**

LABORATORIO DE METROLOGÍA

LA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 133-2013 PLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2013-07-27

1. SOLICITANTE : HNOS. URTEAGA CONTRATISTAS SRL

DIRECCIÓN : Jr. La Mar 224 (Barrio Cumbe Mayo)  
Cajamarca - Cajamarca.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : RELOJ COMPARADOR - DIAL

MARCA : ELE

MODELO : 88-4100

NÚMERO DE SERIE : 070673499

PROCEDENCIA : USA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

ALCANCE DE INDICACIÓN : 1 in

DIVISIÓN DE ESCALA : 0,001 in

TIPO DE INDICACIÓN : ANALOGICO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2013-07-26

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante; PC - 014 del SNM-INDECOPI, 2da edición diciembre 2001.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Calibración PINZUAR LTDA. SUCURSAL DE PERÚ  
Calle Ricardo Palma N° 998 Urb. San Joaquin Bellavista - Callao.





### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	21,0 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	56 %	56 %
Presión Atmosférica	1001 mbar	1001 mbar

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INMETRO	Juego de Bloques Patrones Grado 1	L-1305

### 7. OBSERVACIONES

Para una mejor aproximación en las lecturas se subdividió la división de escala del Instrumento en 5 partes iguales (0,002 mm)

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ ) (*)				
VALOR PATRÓN (in)	VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (in)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu\text{m}$ )
0,10	2,54	0,1001	2,5425	3
0,20	5,08	0,2001	5,0825	3
0,30	7,62	0,3001	7,6225	3
0,40	10,16	0,4001	10,1625	3
0,50	12,70	0,5001	12,7025	3
0,60	15,24	0,6001	15,2425	3
0,70	17,78	0,7002	17,7851	5
0,80	20,32	0,8002	20,3251	5
0,90	22,86	0,9002	22,8651	5
1,00	25,40	1,0002	25,4051	5

Alcance del Error de Indicación ( $f_e$ ) : 3  $\mu\text{m}$   
Incertidumbre del error de Indicación :  $\pm$  4  $\mu\text{m}$

ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )				
VALOR PATRÓN (in)	VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (in)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu\text{m}$ )
0,5	12,7	0,5001	12,7025	3
		0,5001	12,7025	3
		0,5002	12,7051	5
		0,5001	12,7025	3
		0,5001	12,7025	3

Alcance del Error de Indicación ( $f_w$ ) : 3  $\mu\text{m}$   
Incertidumbre del error de Indicación :  $\pm$  4  $\mu\text{m}$



## PANEL FOTOGRÁFICO



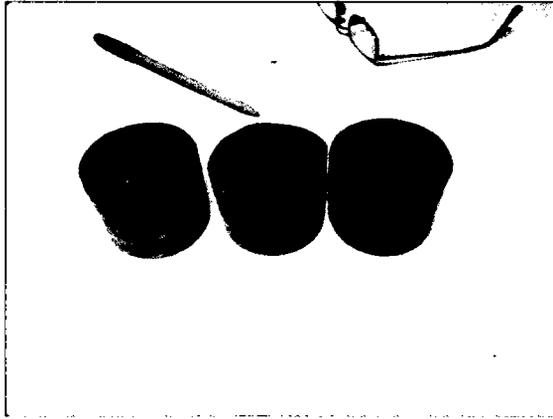
Fotografía 01: Recolección de muestras del material granular de la cantera El Guitarrero.



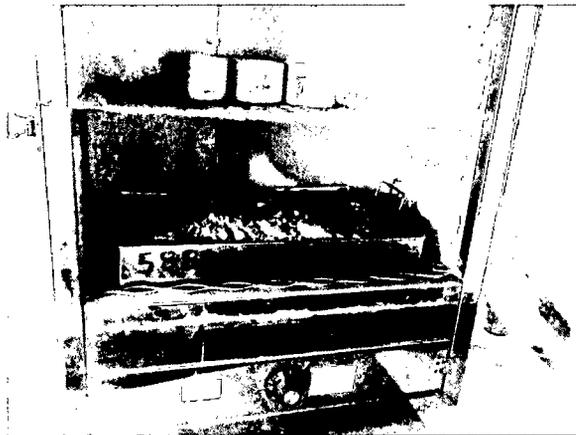
Fotografía 02: Mezcla del material granular para realizar los ensayos.



Fotografía 03: Cemento Portland Tipo I.



Fotografía 04: Muestras para determinar el contenido de humedad.



Fotografía 05: Muestras en el horno para el ensayo granulométrico y contenido de humedad.



Fotografía 06: Ensayo granulométrico del material grueso.



Fotografía 07: Ensayo granulométrico del material fino.



Fotografía 08: Suelo cemento para el ensayo de límite líquido.



Fotografía 09: Ensayo de límite líquido.



Fotografía 10: Equipo y material para el ensayo de compactación con energía modificada.



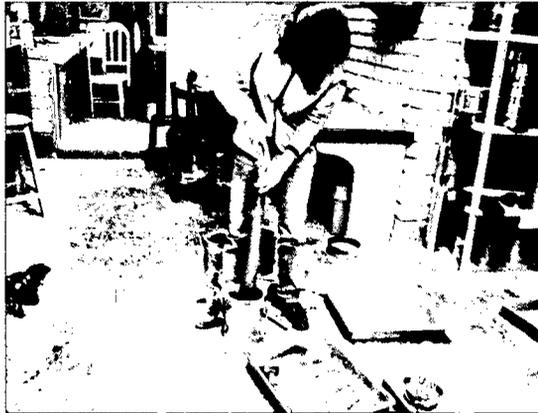
Fotografía 11: Suelo cemento para ensayo de compactación con energía modificada.



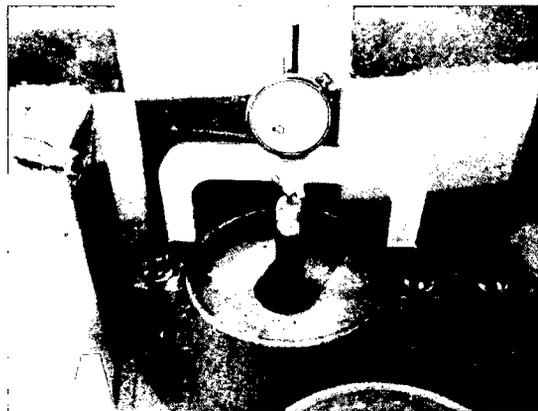
Fotografía 12: Mezcla de suelo, cemento y agua para el ensayo de compactación con energía modificada.



Fotografía 13: Ensayo de compactación con energía modificada.



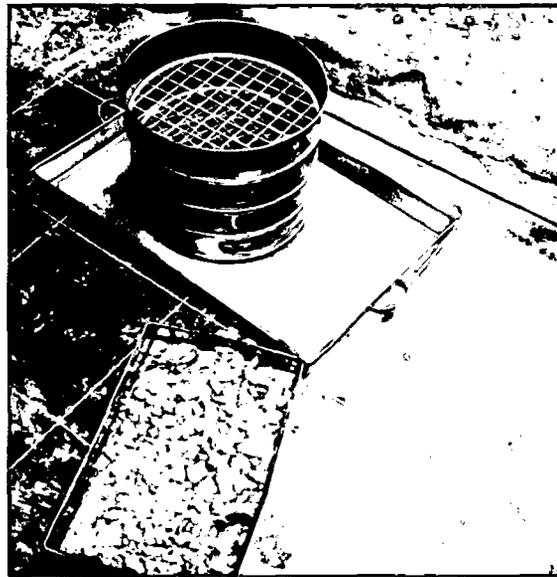
Fotografía 14: Compactación para el ensayo de esfuerzo penetración.



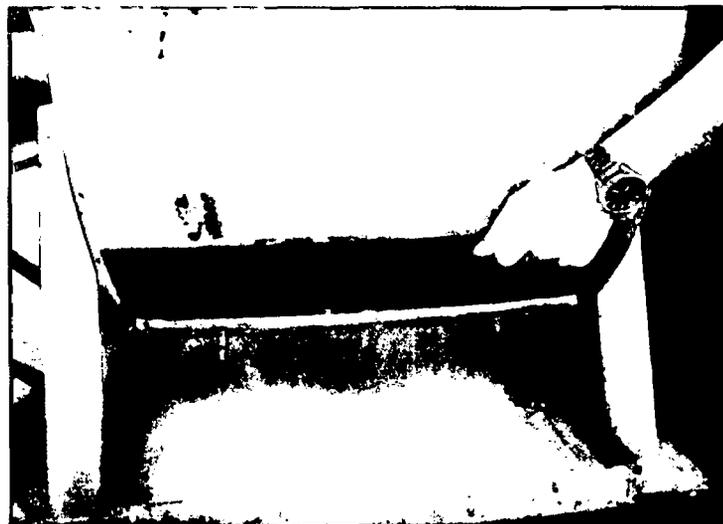
Fotografía 15: Medición de esponjamiento después de 4 días de saturación.



Fotografía 16: Ensayo de esfuerzo penetración.



Fotografía 17: Material para en ensayo de abrasión de los Ángeles.



Fotografía 18: Ensayo a la abrasión de los Ángeles.