

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Implementación de procesos de premolienda de  
muestras de material granular para la mejora del nivel  
de confiabilidad de los resultados de contenido de  
humedad obtenidos con el método de carburo de  
calcio, Huancayo 2023**

Mischell Garcia Matamoros

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

**A** : FELIPE GUTARRA MEZA  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Augusto Elías García Corzo  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 9 de Noviembre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **"IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2023"** , perteneciente al/la/los/las estudiante(s) **MISCHELL GARCIA MATAMOROS**, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

  
MSc AUGUSTO GARCIA  
CIP: 85267

---

Asesor de tesis


## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Mischell Garcia Matamoros**, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. **47570212**, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: **"IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2023."**, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

27 Setiembre de 2023.



Mischell Garcia Matamoros

DNI: 47570212

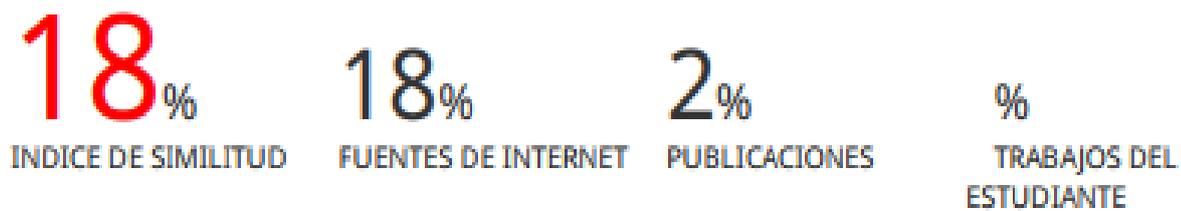


MSc AUGUSTO GARCIA  
CIP: 85267

Asesor de tesis

# IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CAL

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

3%

★ [escher.puj.edu.co](http://escher.puj.edu.co)

Fuente de Internet

Excluir citas  Activo

Excluir coincidencias  < 20 words

Excluir bibliografía  Activo

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Severina y Justiniano, por su apoyo y aliento en todo momento. A mis hermanos, por su confianza.

A mis tíos y primas, por todo su apoyo en la carrera y en la vida.

A mis amigos, familia que encontré en este camino, por todo el cariño, consejos y ánimos.

## **AGRADECIMIENTO**

Un reconocimiento especial y sincero al Mg. Augusto García Corzo, por asesorarme de manera incondicional durante el desarrollo de la presente tesis.

A mi familia, compañeros de estudio y amigos, por alentarme sin desmayo a lograr esta meta tan ansiada.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xix
CAPÍTULO I .....	21
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.1.1.    Planteamiento del problema .....	21
1.1.2.    Formulación del problema.....	23
1.1.2.1.Problema general: .....	23
1.1.2.2.Problemas específicos: .....	23
1.2.    OBJETIVOS .....	24
1.2.1.    Objetivo general: .....	24
1.2.2.    Objetivos específicos:.....	24
1.3.    JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	25
1.4.    HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	25
1.4.1.    Hipótesis .....	25
1.4.1.1.Hipótesis general .....	25
1.4.1.2.Hipótesis específicas.....	26
1.4.2.    Descripción de las variables .....	26
Variable dependiente:.....	26
Variable independiente:.....	26
1.4.3.    Operacionalización de variables .....	27
1.4.3.1.Matriz operacional .....	27
CAPÍTULO II.....	28

MARCO TEÓRICO.....	28
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	28
2.1.1. Antecedentes internacionales: .....	28
2.1.2. Antecedentes nacionales:.....	30
2.2. BASES TEÓRICAS.....	33
2.2.1. Material granular .....	33
2.2.2. Proceso de premolienda.....	34
2.2.3. Contenido de humedad en suelos método del carburo de calcio .....	35
2.2.4. Equipos, materiales e insumos.....	37
2.2.5. Procedimiento .....	39
2.2.6. Cálculos e informe.....	42
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	43
2.3.1. Premolienda.....	43
2.3.2. Material granular .....	43
2.3.3. Nivel de confiabilidad .....	43
2.3.4. Contenido de humedad .....	44
2.3.5. Carburo de calcio.....	44
2.3.6. Método de carburo de calcio .....	44
CAPÍTULO III.....	45
METODOLOGÍA.....	45
3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.2.1. Método de la investigación.....	45
3.2.2. Tipo de investigación.....	45
3.2.3. El nivel de investigación.....	46
3.2. EL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	46
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.3.1. Población .....	46
3.3.2. Muestra .....	47
3.3.3. Muestreo .....	47
3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS .....	47
3.4.1. Técnica: Observación .....	47
3.4.2. Instrumento.....	48
3.4.3. Validez.....	48

3.4.4.	Confiabilidad .....	48
3.5.	PROCEDIMIENTO .....	49
3.6.	MÉTODO DE ANÁLISIS .....	49
3.7.	ASPECTOS ÉTICOS.....	49
CAPÍTULO IV.....		50
ANÁLISIS Y RESULTADOS .....		50
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	50
4.2.1.	Ubicación.....	50
4.2.2.	Características de la zona de estudio .....	50
4.2.	ESTUDIOS PREVIOS.....	51
4.2.1.	Estudios de campo .....	51
4.2.2.	Estudios de laboratorio .....	51
4.2.2.1.	Granulometría .....	52
4.2.2.2.	Caras fracturadas .....	59
4.2.2.3.	Chatas y alargadas .....	61
4.2.2.4.	Peso específico y absorción .....	64
4.2.2.5.	Índice de plasticidad .....	67
4.2.2.6.	Proctor Modificado .....	68
4.2.2.7.	Contenido de humedad .....	70
4.3.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	71
TRABAJOS PREVIOS .....		71
4.4.1.	Humedad Método de secado en horno .....	71
4.4.2.	Humedad Método Carburo de Calcio.....	73
4.4.2.1.	Humedad 2% Speedy sin premolienda.....	78
4.4.2.2.	Humedad 2% Speedy con premolienda.....	83
4.4.2.3.	Humedad 4% Speedy sin premolienda.....	85
4.4.2.4.	Humedad 4% Speedy con premolienda.....	86
4.4.2.5.	Humedad 6% Speedy sin premolienda.....	87
4.4.2.6.	Humedad 6% Speedy con premolienda.....	88
4.4.2.7.	Humedad 8% Speedy sin premolienda.....	88
4.4.2.8.	Humedad 8% Speedy con premolienda.....	89
4.4.2.9.	Humedad 10% Speedy sin premolienda.....	90
4.4.2.10.	Humedad 10% Speedy con premolienda .....	91
4.4.2.11.	Humedad 12% Speedy sin premolienda.....	91

4.4.2.12.	Humedad 12% Speedy con premolienda .....	92
4.4.2.13.	Humedad 14% Speedy sin premolienda.....	93
4.4.2.14.	Humedad 14% Speedy con premolienda .....	94
4.4.2.15.	Humedad porcentaje óptimo Speedy sin premolienda.....	94
4.4.2.16.	Humedad porcentaje óptimo Speedy con premolienda.....	95
4.4.	RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN.....	96
4.5.1.	Humedad al horno .....	96
4.5.2.	Humedad Speedy .....	97
4.5.2.1.	Humedad 2% Speedy sin premolienda.....	97
4.5.2.2.	Humedad 2% Speedy con premolienda.....	98
4.5.2.3.	Humedad 4% Speedy sin premolienda.....	98
4.5.2.4.	Humedad 4% Speedy con premolienda.....	99
4.5.2.5.	Humedad 6% Speedy sin premolienda.....	99
4.5.2.6.	Humedad 6% Speedy con premolienda.....	100
4.5.2.7.	Humedad 8% Speedy sin premolienda.....	100
4.5.2.8.	Humedad 8% Speedy con premolienda.....	101
4.5.2.9.	Humedad 10% Speedy sin premolienda.....	101
4.5.2.10.	Humedad 10% Speedy con premolienda .....	102
4.5.2.11.	Humedad 12% Speedy sin premolienda.....	102
4.5.2.12.	Humedad 12% Speedy con premolienda .....	103
4.5.2.13.	Humedad 14% Speedy sin premolienda.....	103
4.5.2.14.	Humedad 14% Speedy con premolienda .....	104
4.5.2.15.	Humedad porcentaje óptimo Speedy sin premolienda.....	104
4.5.2.16.	Humedad porcentaje óptimo Speedy con premolienda.....	105
4.5.3.	Información recopilada.....	106
4.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	109
CAPÍTULO V.....		119
DISCUSIONES.....		119
DISCUSIÓN 1.....		119
DISCUSIÓN 2.....		120
DISCUSIÓN 3.....		121
DISCUSIÓN 4.....		121
CAPÍTULO VI.....		123
CONCLUSIONES .....		123

CAPÍTULO VII .....	125
RECOMENDACIONES.....	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
ANEXOS .....	130
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	131
CERTIFICADOS DE ENSAYO.....	133
PANEL FOTOGRÁFICO .....	161
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS .....	177

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz Operacional .....	27
Tabla 2 Rangos de validez .....	48
Tabla 3 Rangos de confiabilidad e interpretación.....	49
Tabla 4 Requerimientos granulométricos para base granular .....	51
Tabla 5 Granulometría del material granular .....	52
Tabla 6 Granulometría material grueso .....	54
Tabla 7 Granulometría material fino.....	56
Tabla 8 Porcentaje de caras fracturadas .....	59
Tabla 9 Porcentaje de partículas chatas .....	61
Tabla 10 Porcentaje de partículas alargadas .....	63
Tabla 11 Peso específico y porcentaje de absorción agregado grueso .....	64
Tabla 12 Peso específico y porcentaje de absorción agregado fino.....	66
Tabla 13 Límite líquido y límite plástico.....	67
Tabla 14 Proctor modificado .....	69
Tabla 15 Contenido de humedad con el método de secado en horno.....	71
Tabla 16 Humedad método de carburo de calcio.....	74
Tabla 17 Humedad al 2% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	79
Tabla 18 Humedad al 2% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	84
Tabla 19 Humedad al 4% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	86
Tabla 20 Humedad al 4% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	87
Tabla 21 Humedad al 6% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	87
Tabla 22 Humedad al 6% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	88
Tabla 23 Humedad al 8% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	89
Tabla 24 Humedad al 8% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	90

Tabla 25 Humedad al 10% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	90
Tabla 26 Humedad al 10% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	91
Tabla 27 Humedad al 12% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	92
Tabla 28 Humedad al 12% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	93
Tabla 29 Humedad al 14% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	93
Tabla 30 Humedad al 14% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	94
Tabla 31 Humedad al contenido óptimo con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda.....	95
Tabla 32 Humedad al contenido óptimo con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda.....	96
Tabla 33 Resultados de la humedad secada al horno.....	96
Tabla 34 Resultados de la humedad por el método de carburo de calcio .....	97
Tabla 35 Resultados de la humedad al 2% por el método de carburo de calcio sin premolienda.....	97
Tabla 36 Resultados de la humedad al 2% por el método de carburo de calcio con premolienda .....	98
Tabla 37 Resultados de la humedad al 4% por el método de carburo de calcio sin premolienda.....	98
Tabla 38 Resultados de la humedad al 4% por el método de carburo de calcio con premolienda .....	99
Tabla 39 Resultados de la humedad al 6% por el método de carburo de calcio sin premolienda.....	99
Tabla 40 Resultados de la humedad al 6% por el método de carburo de calcio con premolienda .....	100
Tabla 41 Resultados de la humedad al 8% por el método de carburo de calcio sin premolienda.....	100
Tabla 42 Resultados de la humedad al 8% por el método de carburo de calcio con premolienda .....	101

Tabla 43 Resultados de la humedad al 10% por el método de carburo de calcio sin premolienda .....	101
Tabla 44 Resultados de la humedad al 10% por el método de carburo de calcio con premolienda .....	102
Tabla 45 Resultados de la humedad al 12% por el método de carburo de calcio sin premolienda .....	102
Tabla 46 Resultados de la humedad al 12% por el método de carburo de calcio con premolienda .....	103
Tabla 47 Resultados de la humedad al 14% por el método de carburo de calcio sin premolienda .....	103
Tabla 48 Resultados de la humedad al 14% por el método de carburo de calcio con premolienda .....	104
Tabla 49 Resultados de la humedad al contenido óptimo por el método de carburo de calcio sin premolienda.....	104
Tabla 50 Resultados de la humedad al contenido óptimo por el método de carburo de calcio con premolienda.....	105
Tabla 51. Datos descriptivos – Humedad (%) de proceso sin premolienda .....	110
Tabla 52. Prueba de normalidad – Humedad (%) de proceso sin premolienda.....	112
Tabla 53. Correlaciones – Humedad (%) de proceso sin premolienda.....	113
Tabla 54. Datos descriptivos – Humedad (%) de proceso con premolienda .....	114
Tabla 55. Prueba de normalidad – Humedad (%) de proceso con premolienda.....	117
Tabla 56. Correlaciones – Humedad (%) de proceso con premolienda.....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tendido y Compactación de una base granular.....	23
Figura 2	Material húmedo.....	36
Figura 3	Trabajos de campo in situ.....	37
Figura 4	Materiales para ensayo de contenido de humedad método carburo de calcio.....	38
Figura 5	Carburo de calcio.....	38
Figura 6	Suelo húmedo, sobre el recipiente para pesar la muestra.....	39
Figura 7	Cápsula del equipo de Speddy.....	40
Figura 8	Procedimiento de extracción de la muestra.....	41
Figura 9	Curva de conversión para contenido de humedad.....	43
Figura 10	Curva granulométrica y husos según MTC.....	53
Figura 11	Curva granulométrica material grueso.....	55
Figura 12	Curva granulométrica material fino.....	57
Figura 13	Ensayo de granulometría.....	58
Figura 14	Pesado de la muestra.....	58
Figura 15	Porcentaje de 1 cara fracturada.....	60
Figura 16	Porcentaje de 2 o más caras fracturadas.....	60
Figura 17	Porcentaje de partículas chatas.....	62
Figura 18	Porcentaje de partículas alargadas.....	64
Figura 19	Porcentaje de absorción agregado grueso.....	65
Figura 20	Porcentaje de absorción agregado fino.....	66
Figura 21	Índice de plasticidad.....	68
Figura 22	Humedad vs densidad.....	69
Figura 23	Ensayo de proctor modificado.....	70
Figura 24	Pesaje de la muestra.....	72
Figura 25	Colocación en el horno de secado.....	73
Figura 26	Medida del carburo de calcio.....	74
Figura 27	Vertido del carburo de calcio al equipo Speedy.....	75
Figura 28	Pesado de la muestra de material.....	76
Figura 29	Agitado del equipo para mezclar el carburo de calcio con el agua de la muestra..	77
Figura 30	Lectura del porcentaje de humedad.....	78
Figura 31	Pesado de material seco.....	79
Figura 32	Pesado del agua a agregar.....	80

Figura 33 Agregado del agua al material seco.....	81
Figura 34 Mezclado para uniformizar la humedad.....	82
Figura 35 Mezclado del agua con el material seco.....	83
Figura 36 Separación del material fino y grueso.....	84
Figura 37 Proceso de premolienda con el pisón.....	85
Figura 38 Humedades obtenidas por el método de carburo de calcio sin premolienda.....	106
Figura 39 Humedades obtenidas por el método de carburo de calcio con premolienda.....	107
Figura 40 Comparación de los distintos ensayos realizados en porcentaje de humedad.....	108
Figura 41 Confiabilidad del método de carburo de calcio con y sin premolienda.....	109

## RESUMEN

La investigación se titula IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2023, y tiene como objetivo el implementar un proceso de premolienda en los materiales granulares para obtener el porcentaje de humedad por el método de carburo de calcio dentro de la provincia de Huancayo; reduciendo la variación tan extensa que tiene este método de obtención de porcentaje de humedad. Como metodología, se aplicó el método científico del tipo aplicado, nivel de estudio explicativo, diseño experimental y enfoque cuantitativo.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, debido a que con la implementación del proceso de premolienda los porcentajes de humedades fueron más exactas ante la no implementación de este proceso; logrando así tener una variación máxima de 1.65% en el contenido de humedad de 14% y una variación de confiabilidad de solo 11.77%; frente a los 2.76% en el contenido de humedad y 19.74% en la confiabilidad si no se implementa el proceso de premolienda. Y en el contenido óptimo de humedad del material estudiado si implementamos el proceso de premolienda, tendremos una variación en el porcentaje de humedad de 0.84% y en el nivel de confiabilidad una variación de 11.29%, frente a la variación en el porcentaje de humedad de 1.40% y en la confiabilidad de 18.79% si no se implementa el proceso de premolienda. Teniendo como resultado una implementación satisfactoria del proceso de premolienda, logrando valores más precisos y un nivel de confiabilidad mayor en comparación de si no se implementase este proceso.

**Palabras clave:** Premolienda, Contenido de humedad, Carburo de calcio, Secado en horno, Material granular

## ABSTRACT

The research is entitled IMPLEMENTATION OF PRE-GRINDING PROCESSES OF GRANULAR MATERIAL SAMPLES TO IMPROVE THE RELIABILITY LEVEL OF THE MOISTURE CONTENT RESULTS OBTAINED WITH THE CALCIUM CARBIDE METHOD, HUANCAYO 2023, and aims to implement a pre-grinding process. grinding in granular materials to obtain the percentage of moisture by the calcium carbide method within the province of Huancayo; reducing the wide variation that this method of obtaining moisture percentage has. As a method, the scientific method of the applied type, explanatory study level, experimental design and quantitative approach was applied.

The results obtained were satisfactory; due to the fact that with the implementation of the pre-grinding process the humidity percentages were more exact before the non-implementation of this process; thus achieving a maximum variation of 1.65% in the moisture content of 14% and a reliability variation of only 11.77%; compared to 2.76% in moisture content and 19.74% in reliability if the pre-grinding process is not implemented. And in the optimal moisture content of the studied material, if we implement the pre-grinding process, we will have a variation in the moisture percentage of 0.84% and in the reliability level a variation of 11.29%, compared to the variation in the moisture percentage of 1.40% and reliability of 18.79% if the pre-grinding process is not implemented. Resulting in a satisfactory implementation of the pre-grinding process, achieving more precise values and a higher level of reliability compared if this process would not be implemented.

**Keywords:** Pre-grinding, Moisture content, Calcium carbide, Kiln drying, Granular material

## INTRODUCCIÓN

Como bien sabemos en la actualidad para las distintas estructuras, es necesario poder conocer las características del terreno donde se ejecutarán dichas estructuras, y en el área de carreteras es muy importante el poder conocer el contenido de humedad del suelo o material a usar.

Para poder dar un ejemplo, al momento de colocar una base granular en la construcción o ejecución de una carretera, ya sea afirmado o pavimento, es necesario poder conocer el contenido de humedad del material granular; debido a esto se utiliza o bien el método de secado en horno, el cual tiene un tiempo mínimo de 24 horas, y también el método de carburo de calcio o método Speedy, el cual es in situ y demora unos 10 minutos como máximo para poder conocer el contenido de humedad de la muestra. Como podemos observar, el método de carburo de calcio es un método más práctico, pero tiene un gran inconveniente que llega a ser la precisión, debido a que el rango de error de este instrumento varia en +/- 3%, debido a ello en la parte de la compactación puede ser una referencia mas no el valor absoluto para poder tener un contenido de humedad que se asemeje al contenido óptimo de humedad que nos da los ensayos de Proctor; y como se puede observar en las especificaciones técnicas, para poder colocar y compactar una capa de material granular la humedad solo tiene que estar en un rango de +/- 1% del contenido óptimo de humedad.

Como otro ejemplo, podemos evaluar cuando se realiza un riego de liga en la base, y en dicha base la humedad también es importante, debido a que si la base tiene demasiada humedad el riego de liga no penetrara lo suficiente como para poder pasar los controles de calidad que se realizan a este. Siendo así necesario poder conocer la humedad de manera rápida y lo más precisa posible, y como sabemos ninguno de estos dos métodos nos ofrecen la rapidez y exactitud necesarias juntas. Debido a esto y como medida de una solución a este problema la investigación se basó en tratar de mejorar la precisión del método de carburo de calcio, utilizando para esto un proceso de premolienda de los materiales gruesos, debido a que el error que tenemos en las lecturas con este método se basa en que no considera la humedad del material que es mayor a la malla N°4 y debido a este importante aspecto es que se genera el error tan apreciable por este método de carburo de calcio.

Aplicando el proceso de premolienda podemos añadir más material grueso, debido que al romper este material se crean más partículas pequeñas que a su vez reducen el error del método de carburo de calcio, logrando en síntesis poder reducir el error de +/- 3%, hasta un error de

+/- 1% en humedades menores a 8%, comprobando así la efectividad del proceso de premolienda y garantizando el poder usar el método de carburo de calcio como un método con mayor precisión y rapidez, para cuando la ejecución de las distintas obras lo requieran.

Este trabajo de investigación está conformado por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Comprende el planteamiento del problema abarcando un ámbito internacional como nacional y a raíz de esto plantear los problemas y objetivos, así como la justificación y delimitación espacial. En este capítulo, se dividieron los problemas y objetivos en generales y específicos.

Capítulo II: Muestra el marco teórico que a su vez muestra los antecedentes. En este capítulo, se investigó los antecedentes tanto nacionales como internacionales buscando que el tema elegido se viene estudiando arduamente, también se tocó el marco conceptual, la hipótesis general y específica. El capítulo concluye con la definición y operacionalización de términos de la variable independiente y la variable dependiente. (redacción en tiempo presente)

Capítulo III: Aquí se desarrolló la metodología de cómo se efectuará la investigación, el cómo se determinó el método de la investigación, detallando el tipo de investigación, el nivel de estudio de esta, el diseño de la investigación y, así mismo, en este capítulo, se da a conocer las técnicas e instrumentos que se utilizarán para la recolección de datos.

Capítulo IV: Se presentan la recopilación de datos de los trabajos realizados en campo, el análisis de estos datos y se muestran los resultados demostrando la influencia de la premolienda y el método de carburo de calcio en la investigación.

Capítulo V: Se desarrolló las discusiones de los resultados obtenidos contrastándolos con los resultados que se encontraron en nuestros antecedentes nacionales e internacionales propuestos.

Capítulo VI: Se desarrolló las conclusiones de las discusiones en base a los resultados, donde se sabe que los objetivos propuestos son cumplidos.

Capítulo VII: En este capítulo, se desarrolló las recomendaciones, es decir, medidas necesarias que podemos abordar en base al tema propuesto.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

Para la realización de obras civiles, se debe tener en cuenta las propiedades físico-mecánicas de la superficie o del material utilizado donde se vaya a apoyar la estructura. Estas propiedades pueden verse afectadas por variables o parámetros de estado, tal como el contenido de humedad en un suelo; por consiguiente, es necesario el estudio de métodos de ensayos que arrojen resultados confiables y que lleven a un menor tiempo de realización. La importancia de las propiedades físico-mecánicas del material utilizado para apoyar un pavimento es reconocida internacionalmente en muchos países y se basa en principios de ingeniería vial y construcción (GARNICA ANGUAS, GOMEZ LOPEZ, & SESMA MARTINEZ, 2002). Aunque las normativas y estándares específicos pueden variar de un país a otro, los fundamentos subyacentes son generalmente similares. Ya que, en muchos países, se busca construir pavimentos que tengan una vida útil prolongada para minimizar los costos de mantenimiento y reemplazo. Las propiedades físico-mecánicas del material subyacente influyen directamente en la durabilidad del pavimento y su capacidad para resistir los efectos del tráfico y las condiciones ambientales a lo largo del tiempo. (DEL CASTILLO MEJIA & RICO RODRIGUEZ, 1992)

En Perú, al igual que en otros países, la propiedad del contenido de humedad del material utilizado para apoyar un pavimento es fundamental debido a su impacto en las propiedades físicas, mecánicas y de comportamiento del pavimento y del material de soporte. Perú tiene una variedad de climas que van desde zonas costeras áridas hasta regiones de alta montaña con clima frío. El contenido de humedad influye en cómo el material de soporte se comporta en diferentes condiciones climáticas, como la resistencia a la expansión por congelación y descongelación en áreas de alta altitud. En áreas con fuertes lluvias, el contenido de humedad influye en la capacidad del material de soporte para drenar el agua y resistir la erosión. Un contenido de humedad adecuado ayuda a prevenir la acumulación de agua en la base del

pavimento y evita la erosión de los materiales. Y al igual que en otros lugares, un contenido de humedad inadecuado puede llevar a la deformación y el deterioro prematuro del pavimento, esto podría resultar en costos significativos de mantenimiento y reparación a lo largo del tiempo. Las autoridades viales en Perú establecen normativas y estándares para el diseño y la construcción de pavimentos. Estas normativas a menudo incluyen recomendaciones específicas sobre el contenido de humedad óptimo para garantizar la calidad y la durabilidad de los pavimentos (Especificaciones Técnicas, 2013). Uno de los ensayos más usados para la determinación de contenido de humedad in situ es el especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes MTC E 108 determinación del contenido de humedad en suelos método del carburo de calcio. Que puede proporcionarte un valor aproximado en minutos. Sin embargo, sabemos que su rango de error varía entre +/- 3% por lo cual para cálculos riego de materiales en pavimentos es un rango no aceptable. La otra alternativa el uso del método de ensayo MTC E 108 para la determinación del contenido de humedad puede ser muy exigente en tiempo, estos tiempos de secado son de aproximadamente 8 horas a 24 horas, tiempo que afectaría la continuidad de cualquier obra que necesite de este método, generando altos costos debido a la espera de los resultados. (MTC, 2014)

En el contexto local de Huancayo, la propiedad del contenido de humedad del material granular es de gran importancia debido a las condiciones geográficas y climáticas específicas de la región. Huancayo se encuentra a una altitud considerable en la sierra peruana, lo que implica variaciones climáticas significativas. El contenido de humedad afecta cómo el material de soporte se comporta en condiciones de altitud y temperatura cambiantes, incluida la resistencia a la expansión y contracción debido a las diferencias de temperatura. Además, en la localidad se experimentan estaciones húmedas y secas. Durante la temporada de lluvias, el contenido de humedad en el material de soporte es crucial para prevenir la acumulación de agua en la base del pavimento y evitar la erosión que podría debilitar la estructura del pavimento. La composición y las características de los suelos locales en Huancayo pueden variar. Asegurar que los suelos utilizados como material de soporte tengan un contenido de humedad adecuado es esencial para adaptarse a las propiedades específicas de los suelos locales. Asegurar un contenido de humedad adecuado es esencial para garantizar la durabilidad, la seguridad y el rendimiento a largo plazo de los pavimentos en esta región de la sierra peruana (CONDORI QUISPE, 2019).

La presente investigación, “IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE

CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO”, busca mejorar los resultados de contenido de humedad a través de la variación del tiempo de mezclado y mezclado con el carburo de calcio y la premolienda del material ensayado.



*Figura 1 Tendido y Compactación de una base granular*

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general:**

¿Cuál es el efecto de la implementación de premolienda de muestras de material granular en el contenido de humedad obtenido con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023?

### **1.1.2.2. Problemas específicos:**

- ¿Cuál es el efecto de la variación de la **dosificación y tiempo de mezcla** del carburo de calcio en los resultados de contenido de humedad de suelos obtenidos con el método in situ del Speedy, Huancayo 2023?

- ¿Cuál es el efecto de la **granulometría** del suelo en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023?
- ¿Cuál es el efecto del **cambio de la granulometría** por la implementación de **procesos de premolienda** de muestras de material granular en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023?

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo general:

Determinar cuál es el efecto de la implementación de premolienda de muestras de material granular en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.

### 1.2.2. Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la variación de la **dosificación y tiempo de mezcla** del carburo de calcio en los resultados de contenido de humedad de suelos obtenidos con el método in situ del Speedy, Huancayo 2023.
- Determinar cuál es el efecto de la **granulometría** del suelo en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.
- Determinar cuál es el efecto del **cambio de la granulometría** por la implementación de **procesos de premolienda** de muestras de material granular en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

**La justificación teórica.** La presente investigación pretende buscar la mejora de una metodología muy usada en campo, para la determinación de contenido de humedad in situ. A través del incremento del nivel de confianza.

**La justificación metodológica.** Nuestra investigación contribuye en obtener un progreso en la mejora de la obtención del contenido de humedad in situ. Se variará el tamaño de partícula, sobre todo en particular grandes con la implementación de la premolienda, el tiempo de mezcla y la dosificación del carburo de calcio.

**La justificación técnica.** La obtención de contenidos de humedad más exactos servirá para definir la cantidad de agua que se tiene que agregar a través del proceso de riego y llegar al óptimo contenido de humedad y por tanto mejorando el proceso de compactación del material.

**La justificación social.** La presente investigación influirá positivamente a la población; con la información de estos estudios, contribuirá a la mejora de la calidad de las carreteras, aumentando el tiempo de vida y una reducción del costo de mantenimiento.

### 1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

#### 1.4.1. Hipótesis

##### 1.4.1.1. Hipótesis general

La **implementación de premolienda** de muestras de material granular **mejora** los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.

#### 1.4.1.2. Hipótesis específicas

- **La Dosificación y tiempo de mezcla** del carburo de calcio **afecta** los resultados de contenido de humedad de suelos obtenidos con el método in situ del Speedy, Huancayo 2023.
- La **granulometría** del suelo **afecta** los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.
- El cambio de la **granulometría** por la implementación de **procesos de premolienda** de muestras de material granular **mejora** los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.

#### 1.4.2. Descripción de las variables

**Variable dependiente:** Procesos de premolienda

El proceso de premolienda se basa en fraccionar de forma física los agregados gruesos y tratar de convertirlos en finos para que puedan pasar la malla N° 4 y así obtener una mayor cantidad de material de cierta gradación requerida.

- Dosificación y tiempo de mezcla
- Contenido de humedad Granulometría del suelo sin moler
- Contenido de humedad Granulometría del suelo con premolienda

**Variable independiente:** Nivel de confiabilidad de los resultados de contenido de humedad

El nivel de confiabilidad se basa en que tan confiable es un ensayo para poder tener más precisión, en el caso de los ensayos in situ la confiabilidad es muy baja por lo cual es necesario poder mejorar esa precisión y a la vez el nivel de confiabilidad.

- Desviación estándar
- Nivel de confianza

### 1.4.3. Operacionalización de variables

#### 1.4.3.1. Matriz operacional

*Tabla 1 Matriz Operacional*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Procesos de premolienda	El proceso de premolienda se basa en fraccionar de forma física los agregados gruesos y tratar de convertirlos en finos para que puedan pasar la malla N° 4 y así obtener una mayor cantidad de material de cierta gradación requerida.	La V1 se operacionaliza mediante sus dimensiones: D1: energía de compactación, D2: tiempo de compactación, D3: granulometría; y su vez cada dimensión se descompone en tres indicadores.	D1: Energía de compactación  D2: Tiempo de compactación  D3: Granulometría	I1: 10 lbsf (45N) I2: 56000 lbs-pie/pie <sup>3</sup> I3: 2700 KN-m/m <sup>3</sup>  I1: 30 seg I2: 60 seg I3: 120 seg  I1: Material grueso I2: Material fino	Ficha de recopilación de información	Razón
V2: Nivel de confiabilidad	El nivel de confiabilidad se basa en que tan confiable es un ensayo para poder tener más precisión, en el caso de los ensayos in situ la confiabilidad es muy baja por lo cual es necesario poder mejorar esa precisión y a la vez el nivel de confiabilidad.	La V2 se operacionaliza mediante sus dimensiones: D1: % de humedad, D2: tiempo de mezclado, D3: contenido de carburo de calcio; que vienen a ser sus características; y su vez cada dimensión se descompone en tres indicadores.	D1: Porcentaje de humedad.  D2: Tiempo de mezclado.  D3: Contenido de carburo de calcio.	I1: 4% I2: 8% I3: 12%  I1: 30 seg I2: 60 seg I3: 90 seg  I1: 24 grs I2: 36 grs I3: 48 grs	Ficha de recopilación de información	Razón

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

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

Según (AVILA SARMIENTO, 2018) en su tesis titulada “ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN SUELOS CAOLÍNICOS USANDO EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO Y UN EQUIPO DE ALTA CONFIABILIDAD” indica que el trabajo de investigación presenta los análisis y ensayos realizados al material caolín Blanco, mostrando la variación que se encuentra, con los ensayos de laboratorio realizados por el hidrómetro convencional versus el equipo pario, con el fin de que este ensayo pueda ser complementado a los laboratorios realizados a los suelos, para la determinación del comportamiento de la curva granulométrica del material analizado. Se realizó la adquisición de un equipo altamente sofisticado, el cual aún no es implementado en ninguna otra universidad del país. Ya que su diseño fue desarrollado en el año 2017 en Estados Unidos. Se realizaron 5 ensayos con el equipo pario y 5 ensayos con el hidrómetro convencional, se analizó una muestra de caolín blanco y se investigaron las características físicas que contiene el caolín. Este ensayo permite establecer parámetros a analizar y que condiciones normalmente presenta para los procesos en los cuales se utiliza este tipo de material. Las muestras se analizaron bajo condiciones de laboratorio, en donde los escenarios del lugar cuentan con control de temperatura y humedad relativa constante, lo que nos permitió tener resultados con condiciones idóneas con menor margen de error. Se realizó el enfrentamiento entre los ensayos realizados al caolín blanco por los dos métodos. El cual nos permite definir criterios de desigualdad respecto a los resultados obtenidos. Donde se evidencia la precisión que tiene el equipo pario versus el hidrómetro convencional. Finalmente, se entregan resultados y procedimientos definidos para la ejecución de los ensayos, realizando los análisis pertinentes de forma individual, por método pario y por hidrómetro convencional, precisando las linealidades

más viables para poder realizar un análisis más profundo y llegar a implementar nuevos laboratorios a la rama de suelos en la Universidad Católica de Colombia.

Según (PARDO MORENO, 2021) en su tesis titulada “INFLUENCIA DE LOS CAMBIOS DEL CONTENIDO DE AGUA EN LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN MATERIAL GRANULAR INTERMEDIO COMPACTADO” indica que el trabajo de investigación se enfoca en la investigación de los efectos de las variaciones en el contenido de agua sobre la resistencia al corte de un material granular intermedio compactado de la Formación Guadalupe en un sitio de afloramiento al sur de la ciudad Bogotá D. C. Las muestras de suelo intermedio fueron moldeadas según energía de compactación del ensayo estándar (INV E-141-13). Para la fracción intermedia, para la cual el material pasó por el No. 1, se usó el Método "A" para calcular la relación entre la humedad y la unidad de peso. Se utilizan 4 tamices para tratar de filtrar los sobredimensionados de la fracción gruesa. Además del índice, clasificación y propiedades mecánicas encontradas en el laboratorio para los materiales, se realizaron pruebas de microestructura como Microscopía Electrónica de Barrido Ambiental y Espectrometría de Dispersión de Energía. Se utilizó el ensayo de papel filtro INVE-159-13 para medir los esfuerzos en la masa de suelo, y también se realizaron ensayos de deformabilidad para obtener parámetros de conductividad hidráulica, parámetros parcialmente saturados y succión matricial. Los resultados obtenidos demostraron la importancia de comprender los ciclos de humectación y secado en el parámetro de resistencia al corte a través de la relación entre la succión matricial y su contenido de humedad, el cual está representado por la Curva Característica Suelo-Agua y demuestra que cualquier cambio en el contenido de agua de la masa del suelo da como resultado un cambio en la estructura interna del suelo. Los valores de entrada de aire más bajos, las estructuras más abiertas y las densidades más bajas que la densidad seca máxima se asocian con las muestras compactadas en la "rama seca" en comparación con las muestras compactadas en la "rama húmeda". Los resultados permitieron comprender la importancia de las condiciones ambientales en el comportamiento del suelo en términos de resistencia, deformabilidad y conductividad hidráulica. Inmediatamente, estos cambios en el contenido de agua se reflejan en el parámetro geotécnico de resistencia al corte porque influye en los esfuerzos efectivos del suelo.

Según (BONILLA ESPINOSA, 2020) en su tesis titulada “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS ATAHUALPA Y AUGUSTO MARTÍNEZ, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA” indica que el trabajo de investigación es un esfuerzo experimental para conocer la relación entre el CBR de laboratorio y el índice y características mecánicas de los suelos granulares en las parroquias Atahualpa y Augusto Martínez del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Para este trabajo se visitaron las parroquias indicadas y se identificaron tres caminos secundarios por parroquia. De cada uno de estos caminos secundarios se recolectaron dos muestras de suelo, cada una con un peso aproximado de 50 kg, para un total de doce muestras que se utilizarán para estudiar las características de estos suelos. Las correlaciones se establecieron utilizando datos de pruebas de laboratorio como granulometría, gravedad específica, límite plástico, límite líquido, Proctor "B" modificado y relación de soporte de California (CBR), así como pruebas de campo como DCP, tajo abierto y densidad de campo (método de arena y cono de Ottawa). Con técnicas estadísticas que utilizan mínimos cuadrados y dos o tres variables, se descubren correlaciones. donde hubo las mejores correlaciones CBR. Al determinar valores CBR confiables, los hallazgos de las correlaciones se utilizan en el diseño del pavimento. Se determinó que las muestras de DCP y CBR tenían una correlación polinomial, y esto arrojó un fuerte coeficiente de correlación de (70%) para las dos variables. La razón de esto es que los suelos tienen altas densidades y es menos probable que se corten en la prueba CBR cuando tienen su contenido de humedad ideal. El suelo es menos resistente en el campo de prueba DCP, donde los suelos se encuentran en diferentes niveles de humedad y densidad. Se concluye que los suelos granulares arenosos limosos de esta región son suelos resistentes cuando son más plásticos y en su humedad ideal, siempre y cuando se controle el límite líquido, ya que la resistencia de los suelos tiende a disminuir cuando se aumenta o aumenta esta propiedad. disminuyó en los rangos estudiados.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales:**

Según (ALCOSER PORRAS, 2020) en su tesis titulada “CONTROL DE LA ENERGÍA ESPECÍFICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL

PROCESO DE COMPACTACIÓN DE BASES GRANULARES DE PAVIMENTOS URBANOS EN LA LOCALIDAD DE HUANCAYO” indica que la investigación se enfocó en explicar el efecto que produce el control de la energía específica en la optimización de la resistencia del proceso de compactación de bases granulares de Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo, teniendo como objetivo determinar el efecto que produce el Control de la Energía Especifica en la optimización de la resistencia del proceso de compactación de Bases Granulares de Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo. Al momento de evaluar los resultados finales se pudo comprobar la hipótesis general el cual afirma que el control de la Energía Especifica produce efectos significativos en la optimización de la resistencia del Proceso de compactación de Bases Granulares de Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo. El Método de investigación fue el científico-Experimental, el tipo de investigación fue Aplicada, el nivel de investigación fue Explicativo, el diseño de la presente investigación fue Experimental-Cuasi Experimental, la población fue la capa granular de 09 Cuadras de la Av. Orión compuesta por el Tramo: Jr. Boreal-Av. Circunvalación, la muestra fue la capa Granular de 03 Cuadras de la Av. Orión compuesta por el tramo: Jr. Medusa-Jr. Galaxia y se tuvo un tipo de muestreo no probabilístico. En primer lugar, se optimizó la resistencia de la Base Granular de 0.20 m del sector 03 correspondiente al Tramo: Jr. Géminis-Jr. Castillo Verde con en el Rodillo Liso Vibratorio de 11,247.00 kg con solo 08 pasadas vibratorias, alcanzando un rendimiento de 96.08 m<sup>3</sup>/h y en segundo lugar se optimizó la resistencia de la Base Granular de 0.20 m del sector 03 correspondiente al del Tramo: Jr. Géminis-Jr. Castillo Verde con en el Rodillo Liso Vibratorio de 12,002.00 kg con solo en 06 pasadas vibratorias alcanzando un rendimiento de 128.10 m<sup>3</sup>/h, en ambos casos se cumplió con los requerimientos de la Norma CE.010 satisfactoriamente, evitando sobre compactación y asentamientos en la Base. El empleo del Análisis de Varianza permitió establecer el comportamiento de los Datos estadísticos como Contenido de Humedades y el Grado de Compactación en Campo, además de contrastar la Hipótesis nula. Por lo expuesto, se concluyó que el control de la energía específica utilizando Rodillos Lisos Vibratorios de Suelos de 11,247 kg y 12,002 kg produce efectos significativos en la optimización de la Resistencia de Bases granulares en Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo en función a las Dimensiones Contenido de Humedad y Grado de compactación.

Según (LEÓN QUIROZ, 2021) en su tesis titulada "INFLUENCIA DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN EN LA DENSIDAD SECA MÁXIMA Y CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA AGOCUCHO, CAJAMARCA – 2017" indica que de la cantera antes mencionada se tomaron muestras para realizar los diferentes ensayos establecidos para esta investigación, incluyendo análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de plasticidad, peso específico, resistencia a la degradación y el ensayo en que se basa principalmente, con el fin de estudiar y analizar la influencia de la energía de compactación sobre el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca en el suelo granular de la cantera Agocucho, mediante el uso del Método Proctor C modificado, que fue tomado en consideración por la norma ASTM D1557, para la aplicación máxima de varias energías de compactación. La energía de compactación es uno de los factores crucialmente significativos considerados en este análisis. Cabe señalar que la premisa planteada fue que a medida que aumenta la energía de compactación, la densidad seca máxima aumentará y el contenido de humedad ideal disminuirá. El trabajo consistió en realizar varios ensayos Proctor modificados utilizando diversas energías, energía y densidad de compactación, que permitieron obtener la máxima densidad seca y el contenido de humedad ideal del suelo granular de la cantera de Agocucho. Se realizaron seis ensayos con cinco puntos cada uno, con los cuales se pudo realizar el gráfico de compactación, relacionándolos con cada ensayo. Se pudo determinar las características físico-mecánicas del suelo granular de la cantera de Agocucho arrojando datos como contenido de humedad de 1.18 por ciento, peso específico promedio de 2.518 gr/cm<sup>3</sup>, límite líquido de 24.4 por ciento, límite plástico de 18.15 por ciento, índice de plasticidad de 8.65 por ciento y abrasión promedio de 26.20 por ciento.

Según (SOTO TARAZONA, 2021) en su tesis titulada "CONFIGURACIÓN DEL CIRCUITO DE MOLIENDA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN-UNIDAD CERRO S.A.C." indica que el objetivo del estudio fue montar el circuito de molienda en Compañía Minera Volcan Unidad Cerro S.A para incrementar la producción con la ayuda del análisis, evaluación, selección y puesta en marcha de equipos. Para ello, se utilizó una investigación tecnológica a nivel aplicado, un diseño de soluciones con

factor pre y post, así como la observación y la ficha de observación como métodos y herramientas. Como proxy de la población, se utilizó el circuito de molienda de la CIA. S.A MINERA VOLCAN UNIDAD CERRO. C. Según la investigación, la producción de material minero, medida en toneladas métricas secas, fue de 5.000 para 2018 y 2019 y de 7.000 para 2020. Gracias a un nuevo arreglo del circuito de molienda se incrementó la producción. La etapa final del proceso de reducción y liberación, este circuito, es fundamental para obtener minerales de menor tamaño y un mayor porcentaje de la cantidad total. En otras palabras, el mineral se redujo significativamente con la nueva configuración, que era ideal para las etapas de remolienda y flotación. Adicionalmente, la producción de 2018 y 2019 mostró una diferencia de medias estadísticamente significativa ( $p\text{-value} = 0.00 < 0.05$ ). Lo que significa que los valores de producción para 2018 y 2019 son diferentes y más altos para este último. Por lo tanto, se puede concluir que el aumento de la producción, medida en tonelaje tratado (TMSD) y tamaño de partícula, se logró configurando adecuadamente el circuito de molienda con respecto a la capacidad de los molinos y la capacidad del nido de hidrociclón. (micras) en Compañía Minera Volcán Unidad Cerro S.A. C.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Material granular**

El material granular se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y es especialmente relevante en el campo de la ingeniería geotécnica; incluye depósitos de deslizamientos de tierra, suelo granular (suelo de grano fino o suelo de grano grueso), material de relleno/construcción utilizado para presas de tierra y roca y otras aplicaciones. Varios materiales granulares en ingeniería geotécnica exhiben diferente composición de material, distribución de tamaño de partícula, contenido de humedad, densidad de masa y otras propiedades físicas/mecánicas. Aunque las propiedades físicas/mecánicas de los materiales granulares son muy complicadas y difíciles de determinar, existen posibles correlaciones implícitas entre la distribución del tamaño de partícula y las propiedades físicas/mecánicas de los materiales granulares. Descubrir estas correlaciones implícitas es muy importante para comprender el comportamiento físico/mecánico de los materiales granulares.

La distribución del tamaño de partícula de los materiales granulares es un aspecto esencial para el diseño de presas rellenas de tierra y roca. En el trabajo práctico de ingeniería, la preparación requiere analizar el rango de tamaños de partículas y determinar la proporción de granos con varios tamaños de partículas. Un material granular generalmente cubre un rango de tamaños de partículas entre 0.001 mm y 1,000 mm, y es bien conocido por contener una amplia composición de granos. Por lo tanto, la distribución de escala para la composición de granos es un índice vital para estudiar las propiedades físicas y mecánicas de los sistemas del suelo. Cuando se cambia la distribución del tamaño de partícula de los materiales granulares, se alteran su permeabilidad, deformación, resistencia y otras propiedades. Durante el proceso de compactación de una presa rellena de tierra y roca, la reducción de poros entre los granos es causada por el asentamiento natural y el rodamiento artificial. Las propiedades de compactación de los materiales granulares son los índices físicos clave para la construcción de una presa rellena de tierra y roca.

Estudios previos indicaron que el fenómeno de la dinámica de compactación es una relajación lenta influenciada por las características microscópicas de los granos que pueden ser la forma del grano, la fricción o la cohesión. A través de una gran cantidad de pruebas y observaciones de campo, el análisis macroscópico puede brindar la oportunidad de comprender la relación entre la distribución del tamaño de partícula y las propiedades físicas/de compactación. Para representar la distribución del tamaño de partícula de los sistemas de suelo para que los ingenieros la analicen intuitivamente, los métodos tradicionales generalmente usan análisis estadísticos para obtener una serie de parámetros característicos o una curva de frecuencia acumulada. La dificultad de estudiar un sistema de suelo con una textura de roca clásica compleja e irregular mediante caracterización cuantitativa se debe a las limitaciones y restricciones de los métodos tradicionales en los que uno o dos parámetros descriptivos son poco adecuados y adaptables a la complejidad e irregularidad de los materiales granulares.

### **2.2.2. Proceso de premolienda**

La premolienda se refiere a un proceso en el que se reduce el tamaño de las partículas de un material antes de someterlo a una etapa de molienda más intensiva. En otras palabras, es una fase inicial de trituración que busca preparar el material para una posterior molienda más fina. Este proceso se utiliza en varias industrias, como la industria alimentaria, la industria química y la industria minera, entre otras.

La premolienda tiene varios objetivos y beneficios, que incluyen:

**Reducción de tamaño:** El principal propósito de la premolienda es reducir el tamaño inicial de las partículas del material. Esto puede facilitar la posterior molienda y reducir el esfuerzo requerido en las etapas de molienda posteriores.

**Mejora de la eficiencia:** Al reducir el tamaño inicial de las partículas, se puede aumentar la eficiencia de los equipos de molienda, ya que se requiere menos energía para pulverizar partículas más pequeñas.

**Reducción del desgaste:** La premolienda puede ayudar a reducir el desgaste de los equipos de molienda, ya que se reduce la carga inicial sobre los componentes internos de los molinos y trituradoras.

**Control del tamaño de partícula:** La premolienda puede permitir un mejor control sobre el tamaño final de las partículas, lo que es importante en muchas aplicaciones donde se requiere un tamaño de partícula específico.

**Ahorro de costos:** Al mejorar la eficiencia y reducir el desgaste de los equipos, la premolienda puede contribuir a un ahorro de costos a largo plazo en el proceso de molienda en general.

### **2.2.3. Contenido de humedad en suelos método del carburo de calcio**

El contenido de humedad en suelos se utiliza en la práctica de ingeniería geotécnica, tanto en el campo como en el laboratorio. Los resultados son a veces necesarios en un corto período de tiempo y en lugares donde no es práctico instalar un horno o para transportar muestras a un horno. Este método de prueba se utiliza para estas ocasiones.



*Figura 2 Material húmedo*

Los resultados de esta prueba se han utilizado para el control de campo de terraplenes compactados u otras estructuras, así como en la determinación del contenido de agua para el control de la humedad del suelo y la densidad seca dentro de un rango especificado.

Este método puede no ser tan preciso como otros aceptados como la norma ASTM D 2216. La causa de esta inexactitud se puede suscitar, porque las muestras son demasiado pequeñas para representar adecuadamente el total del suelo, de parte de estos suelos que no terminan de romperse para exponer toda el agua disponible en su interior frente al reactivo y de otras inherentes al procedimiento, equipo o errores de proceso. Por lo tanto, otros métodos pueden ser más apropiados cuando se requieren resultados de alta precisión, o cuando los resultados de la prueba son sensibles a pequeñas variaciones en los valores obtenidos.



*Figura 3 Trabajos de campo in situ*

Lo siguiente se aplica a todos los límites especificados en esta norma: Para los propósitos de determinar conformidad con estas especificaciones, será un valor observado o un valor calculado “a la unidad más cercana” en el último lugar a la derecha de las cifras utilizadas al expresar el valor límite de conformidad con ASTM E29.

Este método no deberá emplearse en materiales granulares que tengan partículas tan grandes que afecten la precisión del ensayo; en general, cualquier cantidad apreciable retenida en el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) es perjudicial.

#### **2.2.4. Equipos, materiales e insumos**

**MATERIALES:** Los materiales usados para el ensayo son: dos esferas de acero de 31,75 mm (1,25 pulg) de diámetro, Cepillo y trapo de limpieza, Cuchara para medir el reactivo de Carburo de Calcio.

## MATERIALES

2 esferas de acero



Cuchara para medir el reactivo



Cepillo



*Figura 4 Materiales para ensayo de contenido de humedad método carburo de calcio*

## INSUMOS

Reactivo de Carburo de Calcio.

Nota 2. El cloruro de calcio debe estar finamente pulverizado y debe ser de un grado tal que pueda producir gas acetileno de por lo menos 0,14 m<sup>3</sup>/kg (2,25 pie<sup>3</sup>/lb) de carburo.

Nota 3. La vida de almacenamiento de este reactivo es limitada, deberá emplearse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.



*Figura 5 Carburo de calcio*

### 2.2.5. Procedimiento

Pesar una muestra de peso exacto especificado por el fabricante del instrumento en la balanza proporcionada y colocar la muestra en la tapa del probador. Cuando se utilice de 20g a 26g en el probador, colocar dos esferas de acero de 31,75mm (1”) de diámetro en el cuerpo del probador con el Carburo de Calcio.

Nota 5. Se seguirán las instrucciones del fabricante para el uso de las esferas de acero, especialmente cuando se ensaye arena.

Nota 6. Si la humedad de la muestra excede el límite del manómetro de presión, (12% humedad para el probador de agregados o 20% para el de suelos), deberá emplearse una muestra de la mitad de tamaño y la lectura del dial deberá multiplicarse por 2. Este método proporcional no es aplicable directamente al porcentaje en peso de la balanza, en el probador súper 200 D.



*Figura 6 Suelo húmedo, sobre el recipiente para pesar la muestra*

Con el vaso de presión en una posición aproximadamente horizontal, insertar la tapa en el vaso de presión y séllese la unidad, apretando la abrazadera, teniendo cuidado de que el carburo no se ponga en contacto con el suelo hasta cuando se haya logrado un sello completo.

Levantar el probador hasta una posición vertical de tal manera que el suelo en la tapa desplome dentro del vaso de presión.



*Figura 7 Cápsula del equipo de Speddy*

Agitar vigorosamente el aparato de manera que todos los terrones se rompan hasta permitir que el carburo de calcio reaccione con toda la humedad libre que se halle disponible. Cuando se están empleando las bolas de acero en el probador y cuando se use el probador de tamaño mayor para agregados, deberá agitarse el instrumento con un movimiento de rotación, de tal manera que las bolas de acero o el agregado no dañen el instrumento, ni hagan que las partículas del suelo queden embebidas en el orificio que conduce al diafragma de presión.

La agitación deberá continuarse por lo menos durante 60 segundos con suelos granulares y hasta por 180 segundos con los restantes suelos, de manera que se logre la reacción completa

entre el carburo de calcio y la humedad libre. Deberá dejarse tiempo para permitir la disipación del calor generado por la reacción química.

Cuando deje de moverse la aguja, leer el dial manteniendo el instrumento en una posición horizontal a la altura del ojo.

Analizar el peso de la muestra y la lectura del dial.

Con la tapa del instrumento apuntando en dirección opuesta al operador (para evitar la aspiración de vapores), elimínese lentamente la presión del gas. Vacíese el vaso de presión y examínese el material en cuanto a terrones. Si la muestra no está completamente pulverizada, el ensayo deberá repetirse empleando una nueva muestra. Límpiase perfectamente la tapa de carburo y suelo, antes de verificar otro ensayo.



*Figura 8 Procedimiento de extracción de la muestra*

Nota 8. Al quitar la tapa, debe tenerse cuidado para apuntar el instrumento fuera del operador para evitar la respiración de humos, y fuera de cualquier fuente potencial de ignición para gas acetileno.

La lectura del dial es el porcentaje de humedad con respecto al peso húmedo y deberá convertirse a peso seco. Con el probador super 200 D, la lectura del dial es el porcentaje de humedad con respecto al peso seco y no se requiere ningún cálculo adicional.

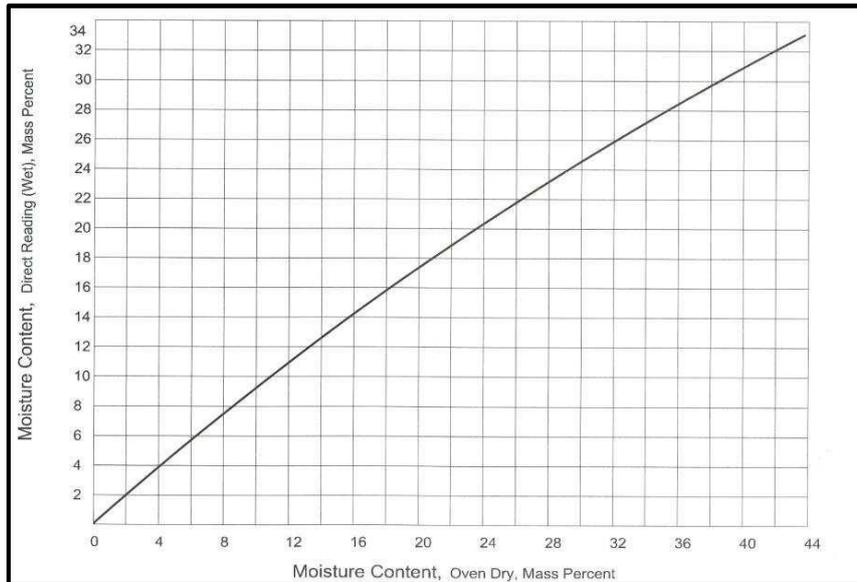
### **2.2.6. Cálculos e informe**

#### **CÁLCULOS**

El porcentaje de humedad con respecto al peso seco del suelo debe determinarse a partir de la curva de conversión.

Normalmente, es suministrada una curva similar a la de la Figura 2, con el probador de humedad. Sin embargo, para cada probador deberá verificarse la precisión de su manómetro o la de la curva de conversión.

- La precisión del manómetro del probador deberá verificarse empleando un juego de calibración provisto de manómetro normal (el cual puede obtenerse del fabricante del aparato). En caso de discrepancia, el manómetro del probador deberá ajustarse de acuerdo con el manómetro normal.
- Para comprobar la exactitud de la curva de conversión, deberá efectuarse una calibración de las lecturas del medidor empleando suelos preparados localmente, con contenidos de humedad conocidos usando MTC E-108. En caso de discrepancia, desarrollar una nueva curva de corrección basada en el contenido de humedad determinado en MTC E-108. El rango de las curvas suministradas por el fabricante o determinados por el Laboratorio podrán ser prorrogados por pruebas adicionales.



*Figura 9 Curva de conversión para contenido de humedad*

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### 2.3.1. Premolienda

La premolienda es un proceso de molienda que se utiliza para reducir el tamaño de las partículas de un material antes de que se someta a un proceso de molienda más fino. Esto se hace para facilitar el proceso de molienda y para mejorar la eficiencia del proceso.

### 2.3.2. Material granular

Un material granular es un material compuesto por partículas sólidas que no están unidas entre sí. Las partículas pueden ser de cualquier tamaño, forma o material, pero no están unidas por enlaces químicos o físicos. Los materiales granulares pueden ser naturales, como la arena o la grava, o artificiales, como el hormigón o el asfalto.

### 2.3.3. Nivel de confiabilidad

El nivel de confiabilidad es la probabilidad de que un sistema o componente funcione correctamente durante un período de tiempo determinado. Se expresa como un porcentaje, por ejemplo, 99,9%. Esto significa que hay una probabilidad del 0,1% de que el sistema o componente falle durante ese período de tiempo.

#### **2.3.4. Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que está contenida en el material. Se expresa como un porcentaje del peso total del material. El contenido de humedad de los materiales granulares puede variar de un material a otro, y también puede variar dependiendo de las condiciones ambientales, puede tener un impacto significativo en sus propiedades físicas y químicas.

#### **2.3.5. Carburo de calcio**

Es un sólido incoloro o grisáceo que reacciona exotérmicamente con el agua para liberar acetileno. El carburo de calcio es un producto químico industrial importante que se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo la soldadura autógena, la producción de acetileno, la producción de cemento y la producción de fertilizantes.

#### **2.3.6. Método de carburo de calcio**

El método de carburo de calcio es un proceso utilizado para reducir el tamaño de las partículas de materiales granulares. El proceso implica añadir una pequeña cantidad de carburo de calcio al material granular y luego calentar el material hasta que el carburo de calcio se descomponga y libere acetileno. El acetileno se utiliza entonces para quemar el material granular, lo que reduce el tamaño de las partículas.

# **CAPÍTULO III**

## **METODOLOGÍA**

### **3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1. Método de la investigación**

Científico

Según Zarate et al (2017) proponen que para poder instituir nuevas leyes y teorías en la investigación científica debemos de cumplir tres etapas: La primera de estas consiste en examinar los hechos más relevantes; como segunda etapa es identificar las hipótesis que den definición a estos sucesos; y por tercera etapa es de concluir de estas hipótesis las deducciones que puedan ser sometidas a prueba a través de indagaciones y apreciaciones de acuerdo a lo observado (p. 12).

La investigación se iniciará con la observación directa del contenido de humedad del material granular, en ese instante se iniciará la recopilación de datos, como cantidades de agua, luego obtendremos el contenido de humedad por el método de carburo de calcio. Después separaremos el material más grueso para que pase por un proceso de premolienda y en contenidos de humedad controlada observaremos la variación cuando se ensaya un material sin la premolienda y un material con premolienda en varios contenidos de humedad.

Con respecto a este estudio, para este trabajo de investigación se utilizará el método científico.

#### **3.2.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, ya que nos permite utilizar conocimientos previos, referencia de investigaciones realizadas y teorías existentes con la que se pueden cuantificar ciertas variables para pronosticar comportamientos que sean útiles. Según (VALLE, 2012) la investigación aplicada es la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad.

### **3.2.3. El nivel de investigación**

El nivel de investigación del proyecto es explicativo, debido a que el proyecto trata de encontrar una respuesta a las relaciones de causa-efecto.

Según (ESTEBAN-NIETO, 2018) menciona que la investigación explicativa prueba sus hipótesis a través de los diseños no experimentales y experimentales.

Según (MORALES, 2018) Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis.

## **3.2. EL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Es de **diseño experimental**, porque se manipulará las variables independientes tamaño de partícula, tiempo de mezcla y dosificación del carburo. De acuerdo con (SAMPIERI-HERNANDEZ, Torres, & et.al., 2014), señala que el diseño de investigación experimental se basa a través de las manipulaciones intencionales para la obtención de los resultados.

**Es de enfoque cuantitativo**, porque se utiliza la recolección de datos numéricos obtenidos de los resultados que sirve para comprobar la hipótesis, es decir, cuál es comportamiento de los datos del contenido de humedad. Según (VEGA-MAGALÓN, 2014) menciona que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar una o varias preguntas de investigación y probar las hipótesis establecidas previamente.

## **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1. Población**

Según (RODRIGUEZ GOMEZ & VALLDEORIOLA ROQUET, 2014) menciona que la población es el conjunto de todos los individuos u objetos de interés para el estudio. La población puede estar definida por características demográficas, como la edad, el género o la

ubicación geográfica, o por características de comportamiento. La presente investigación tuvo como **población** las canteras de material granular de la ciudad de Huancayo.

### **3.3.2. Muestra**

Según (GONZÁLES CASTELLANOS, 2003) menciona que la muestra es un subconjunto de una población que se utiliza para representar a la población en su conjunto, y debe ser seleccionada de forma aleatoria para garantizar que sea representativa de la población. La presente investigación tuvo como **muestra** 9kg de material granular, 4.5 kg de material granular mayor al tamiz N°4 y 4.5 kg de material granular menor al tamiz N°4.

### **3.3.3. Muestreo**

Según (CARRASCO DÍAZ, 2006) menciona que el **muestreo** de la investigación será de tipo no probabilístico, debido a que la elección será del investigador, se eligió la cantera de material granular de Pilcomayo.

## **3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS**

### **3.4.1. Técnica: Observación**

Para Arias (2012) señala que la observación directa es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos. (p. 67)

En la presente investigación, se aplicará la técnica de observación directa para la recolección de información.

### 3.4.2. Instrumento

Según el autor Robledo (2006) considera que el instrumento a aplicar es las fichas que “*son los instrumentos que permiten el registro e identificación de las fuentes de información, así como el acopio de datos o evidencias*” (p. 63)

En la presente investigación, se aplicará como instrumento la Ficha de recopilación de información, cuyo diseño se muestra en los anexos.

### 3.4.3. Validez

Según el autor Hernández et al (2006) definen la validez como el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir.

*Tabla 2 Rangos de validez*

<b>Rango de validez</b>	<b>Interpretación</b>
0.81 – 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 – 0.20	Muy baja

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4. Confiabilidad

Según refiere el autor Hernández et al (2006) la confiabilidad es el “*grado en el que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes*” (p. 277).

La confiabilidad se determina generalmente mediante la prueba de alfa de Crombach.

*Tabla 3 Rangos de confiabilidad e interpretación*

<b>Rango de confiabilidad</b>	<b>Interpretación</b>
0.81 – 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 – 0.20	Muy baja

Fuente: Elaboración propia

### **3.5. PROCEDIMIENTO**

Cumplidos los análisis de confiabilidad y validez, se aplicará la prueba piloto con una muestra, los instrumentos se aplicarán en forma anónima (ficha de recopilación de datos), supervisado por el investigador recolectándose la información en los cuestionarios cuyos datos se procesará con el software Microsoft Excel.

### **3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS**

Como método de análisis, se empleó la estadística descriptiva para el cálculo de frecuencias, parámetros de tendencia central y dispersión; mientras que el contraste de hipótesis se empleó la estadística inferencial. El procesado de la información se realizó con Excel y el software SPSS26 respectivamente.

### **3.7. ASPECTOS ÉTICOS**

“Describe los criterios (nacionales e internacionales) que se utilizan para garantizar la calidad ética de la investigación, explicando la aplicación de los principios éticos (beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia) según corresponda”.

“La validez de los resultados, propiedad intelectual de los autores, confiabilidad de la información y la identidad de las personas que participan en el estudio, los criterios éticos tomados en cuenta fueron: confidencialidad, objetividad, originalidad y el consentimiento”.

# **CAPÍTULO IV**

## **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### **4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **4.2.1. Ubicación**

La provincia de Huancayo es una de las nueve provincias que integran el departamento de Junín, conocida como el centro del Perú. Sus límites son por el norte con la provincia de Concepción, por el este con la provincia de Satipo, por el sur con el departamento de Huancavelica y, finalmente, por el oeste con la provincia de Chupaca. La provincia tiene un área geográfica de 4851.09 kilómetros cuadrados con una población de 595183 habitantes y situada a unos 3250 msnm con una temperatura media anual de 12.4 °C; una temperatura en el día en promedio de 20.2 °C y 4.6 °C durante la noche; con una precipitación promedio total anual es de 707.9 mm<sup>3</sup>. Esta provincia está conformada por 28 distritos, de las cuales el distrito de Pilcomayo es el distrito de donde se obtuvo el material granular que se estudió durante el proceso de investigación.

#### **4.2.2. Características de la zona de estudio**

Actualmente, el distrito de Pilcomayo posee una de las principales canteras de material granular para la construcción de bases de la provincia de Huancayo; y como bien sabemos este material debe de cumplir ciertos requisitos que lo encontramos en el manual de especificaciones técnicas del MTC en la tabla 403-01 titulada requerimientos granulométricos para base granular, donde nos recomiendan para altitudes igual o mayores a 3000 msnm utilizar la gradación “A”, la cual se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4 Requerimientos granulométricos para 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. ( $\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 $\mu$ m. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 $\mu$ m. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. ESTUDIOS PREVIOS

### 4.2.1. Estudios de campo

Los estudios de campo es la selección del terreno donde se extraerán los materiales a someter a pruebas de laboratorio para poder evaluar si el material cumple con los requisitos para poder evaluarlos como material granular; también se estudió la época para poder extraer las muestras debido a la presencia de lluvias y otros factores climáticos que podrían alterar las muestras extraídas para el estudio de investigación.

### 4.2.2. Estudios de laboratorio

Los estudios de laboratorio que se realizaron para las muestras extraídas desde la cantera fueron la caracterización del material, y que se utilizaron para los posteriores ensayos de contenido de humedad. Los estudios previos realizados en laboratorio fueron: ensayo de granulometría, ensayo de caras fracturadas para los agregados pétreos, ensayo de partículas chatas y partículas alargadas, peso específico y absorción, límite líquido y límite plástico para obtener el índice de plasticidad, el Proctor modificado para poder evaluar el contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca y, finalmente, el contenido de humedad de la muestra.

#### 4.2.2.1. Granulometría

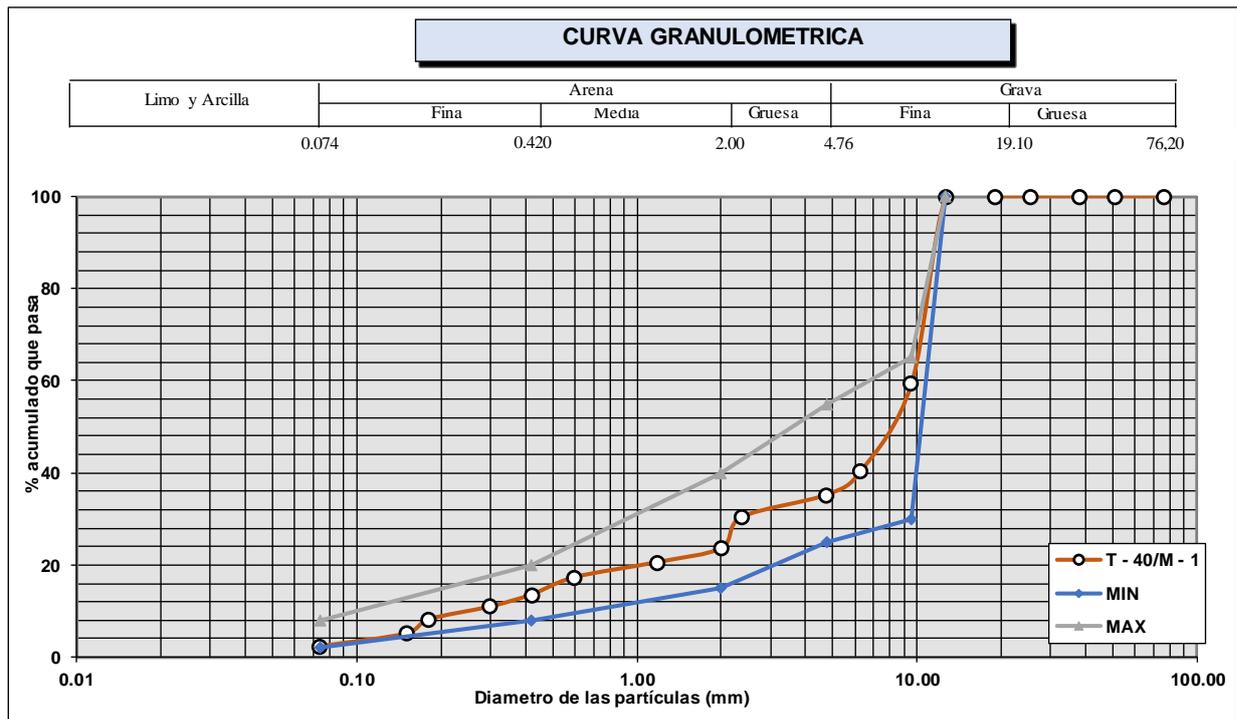
Este ensayo se realizó a una parte representativa de todo el material granular que se necesitó para poder realizar los ensayos y poder llevar a cabo la investigación, como se puede apreciar en la tabla 5 donde al final se observa el huso granulométrico que nos brinda el manual de especificaciones técnicas del MTC donde nos advierte los límites superior e inferior para un material granular adecuado en alturas mayores o igual a 3000 msnm. El peso de material ensayado fue de 2093.4 gr de material combinado tanto el material fino como el material grueso.

*Tabla 5 Granulometría del material granular*

Muestra		M-1			M-1	USO GRADACION			
Profundidad (m)		ACOPIO		(m)	0,00 - 0,50				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMEZADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		peso retenido	% retenido parcial	%retenido acumulado	% que pasa	LIM INF	LIM SUP
		N°	Abertura (mm)						
		3"	76.200				100.00		
		2"	50.800				100.00		
		1 1/2"	38.100				100.00		
		1"	25.400	0.0			100.00		
		3/4"	19.100	0.0	-	-	100.00		
		1/2"	12.700	0.0	-	-	100.00	100	100
		3/8"	9.525	852.4	40.72	40.72	59.28	30	65
		1/4"	6.300	396.0	18.92	59.64	40.36		
		N° 4	4.760	108.0	5.16	64.79	35.21	25	55
		N° 8	2.360	102.0	4.87	69.67	30.33		
		N° 10	2.000	140.0	6.69	76.35	23.65	15	40
		N° 16	1.180	65.0	3.10	79.46	20.54		
		N° 30	0.600	68.0	3.25	82.71	17.29		
		N° 40	0.420	79.0	3.77	86.48	13.52	8	20
		N° 50	0.300	54.0	2.58	89.06	10.94		
		N° 80	0.180	59.0	2.82	91.88	8.12		
		N° 100	0.150	64.0	3.06	94.94	5.06		
		N° 200	0.074	58.0	2.77	97.71	2.29	2	8
FONDO		0.000	48.0	2.29	100.00	-			
TOTAL			2093.4						

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, podemos observar la representación gráfica de los husos granulométricos y también de la muestra ensayada para conocer la granulometría, la cual se encuentra dentro de los usos establecidos por el MTC.



*Figura 10 Curva granulométrica y usos según MTC*

Fuente: Elaboración propia

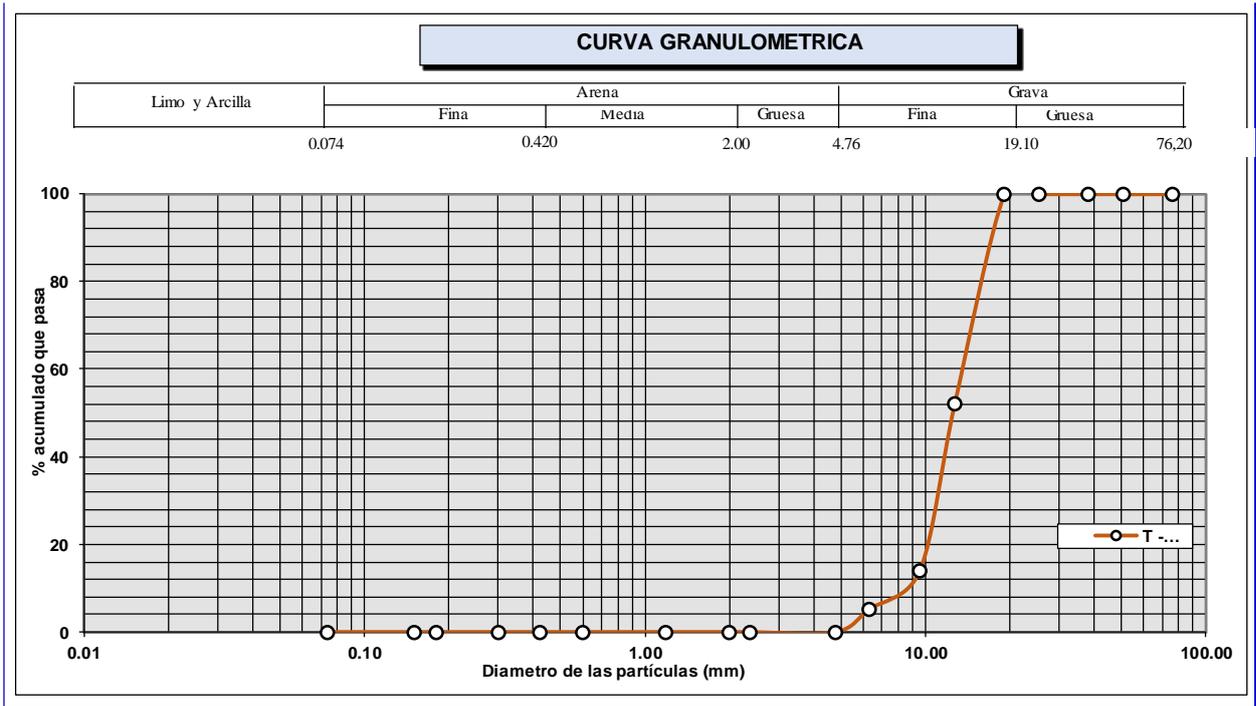
Luego se procedió a ensayar el material grueso solamente, es decir todo el material que queda retenido en la malla N° 4 hacia arriba, esto se hizo con el fin de poder determinar la granulometría de los agregados gruesos que conforman el material granular, tal como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6 Granulometría material grueso**

Muestra		M-1			M-1		
Profundidad (m)		ACOPIO		(m)	0,00 - 0,50		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		peso retenido	% retenido parcial	%retenido acumulado	% que pasa	
	N°	Abertura (mm)					
		3"	76.200				100.00
		2"	50.800				100.00
		1 1/2"	38.100				100.00
		1"	25.400	0.0			100.00
		3/4"	19.100	0.0	-	-	100.00
		1/2"	12.700	1024.1	47.90	47.90	52.10
		3/8"	9.525	815.2	38.13	86.03	13.97
		1/4"	6.300	187.3	8.76	94.79	5.21
		N° 4	4.760	111.4	5.21	100.00	-
		N° 8	2.360	0.0	-	100.00	-
		N° 10	2.000	0.0	-	100.00	-
		N° 16	1.180	0.0	-	100.00	-
		N° 30	0.600	0.0	-	100.00	-
		N° 40	0.420	0.0	-	100.00	-
		N° 50	0.300	0.0	-	100.00	-
		N° 80	0.180	0.0	-	100.00	-
		N° 100	0.150	0.0	-	100.00	-
		N° 200	0.074	0.0	-	100.00	-
	<b>TOTAL</b>		<b>2138.0</b>				

Fuente: Elaboración propia

Y, en la figura 11, se puede observar la representación de la curva granulométrica de los agregados gruesos del material granular.



*Figura 11 Curva granulométrica material grueso*

Fuente: Elaboración propia

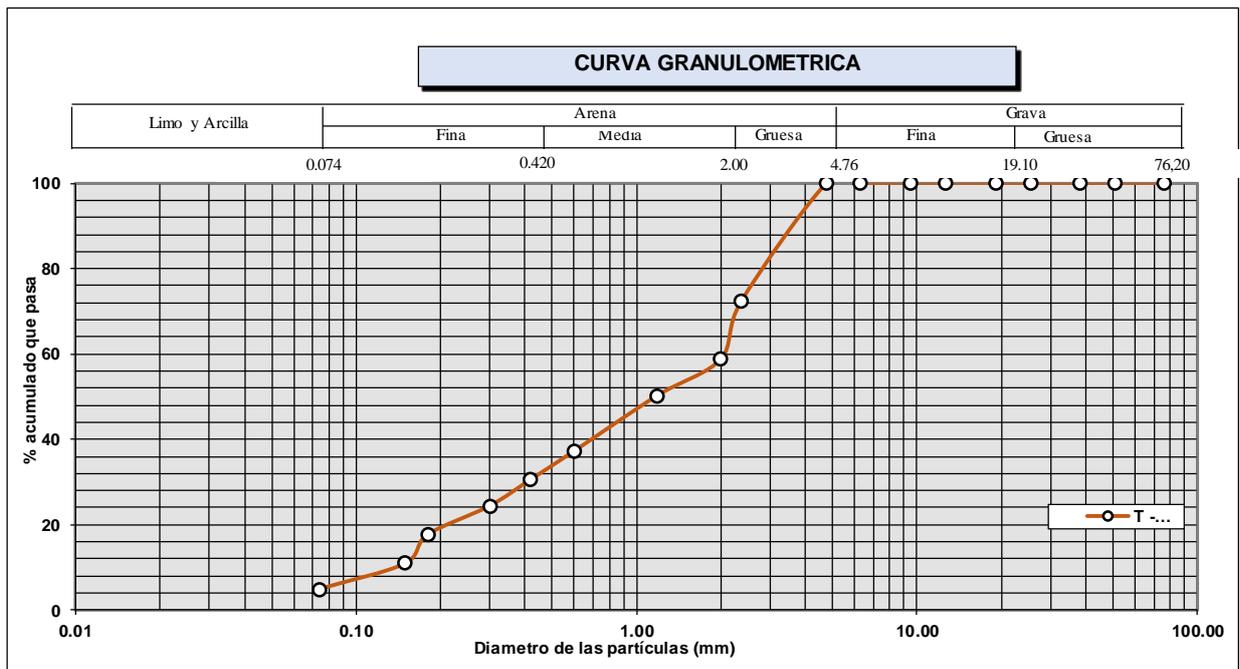
Luego se procedió a ensayar el material fino solamente, es decir todo el material que pasa por la malla N° 4 hacia abajo, esto se hizo con el fin de poder determinar la granulometría de los agregados finos que conforman el material granular, tal como se muestra en la tabla 7.

*Tabla 7 Granulometría material fino*

Muestra		: M-1				: M-1		
Profundidad (m)		ACOPIO			(m)	0,00 - 0,50		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		peso retenido	% retenido parcial	%retenido acumulado	% que pasa	
		N°	Abertura (mm)					
		3"	76.200					100.00
		2"	50.800					100.00
		1 1/2"	38.100					100.00
		1"	25.400	0.0				100.00
		3/4"	19.100	0.0	-	-		100.00
		1/2"	12.700	0.0	-	-		100.00
		3/8"	9.525	0.0	-	-		100.00
		1/4"	6.300	0.0	-	-		100.00
		N° 4	4.760	0.0	-	-		100.00
		N° 8	2.360	338.4	27.75	27.75		72.25
		N° 10	2.000	164.0	13.45	41.20		58.80
		N° 16	1.180	105.7	8.67	49.87		50.13
		N° 30	0.600	157.2	12.89	62.77		37.23
		N° 40	0.420	81.2	6.66	69.43		30.57
		N° 50	0.300	75.4	6.18	75.61		24.39
		N° 80	0.180	82.4	6.76	82.37		17.63
		N° 100	0.150	81.7	6.70	89.07		10.93
		N° 200	0.074	73.5	6.03	95.10		4.90
< N° 200		FONDO	59.8	4.90	100.00	-		
		TOTAL	1219.3					

Fuente: Elaboración propia

Y, en la figura 12, se puede observar la representación de la curva granulométrica de los agregados finos del material granular.



*Figura 12 Curva granulométrica material fino*

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13, se puede observar la realización del ensayo de granulometría donde se observan los distintos tamices o mallas que se usaron para dicho ensayo y, en la figura 14, podemos observar cómo se pesa cada cantidad de material retenido en cada tamiz o malla debidamente graduada.



***Figura 13 Ensayo de granulometría***

Fuente: Elaboración propia



***Figura 14 Pesado de la muestra***

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.2. Caras fracturadas

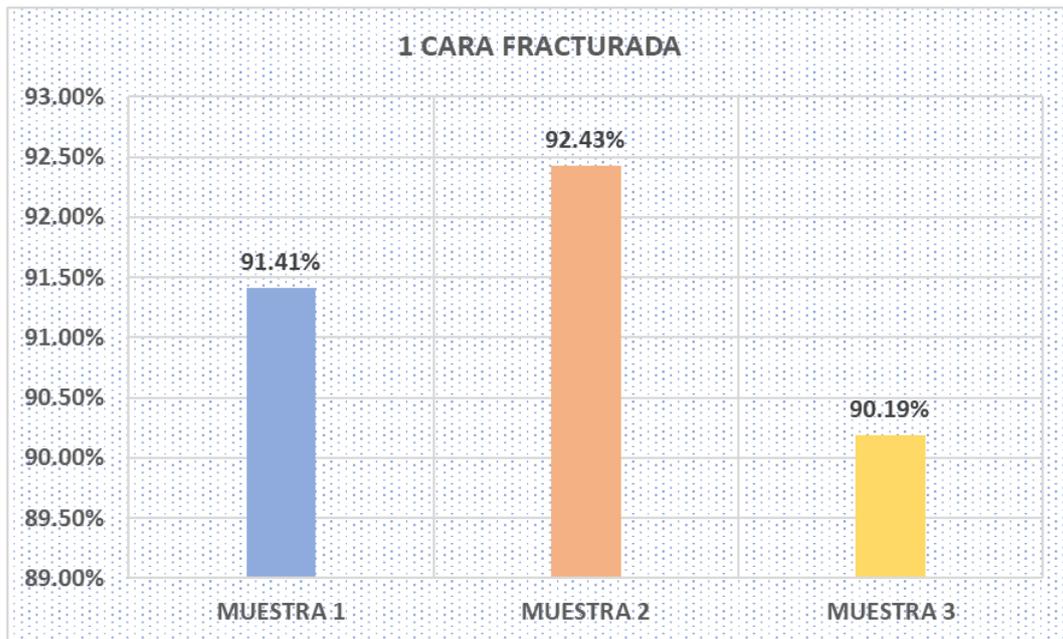
Para realizar el ensayo de caras fracturadas, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 210, donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza al agregado grueso según el manual de especificaciones técnicas del MTC en la tabla 403-03 donde nos indica que para alturas mayores o iguales a 3000 msnm el porcentaje mínimo de una cara fracturada debe de ser 80% y el porcentaje mínimo de 2 o más caras fracturadas debe de ser 50%, en la tabla 8 podemos observar los distintos pesos y porcentajes para 1 cara y 2 o más caras fracturadas.

*Tabla 8 Porcentaje de caras fracturadas*

MUESTRA	PESO RET(gr)	PESO REDONDEADAS (gr)	1 CARA FRACTURADA (gr)	2 O MAS CARAS FRACTURADAS (gr)	% 1 CARA FRACTURADA	% 2 O MAS CARAS FRACTURADAS
MUESTRA 1	652	56	596	464	91.41%	71.17%
MUESTRA 2	634	48	586	444	92.43%	70.03%
MUESTRA 3	632	62	570	480	90.19%	75.95%
PROMEDIO					91.34%	72.38%

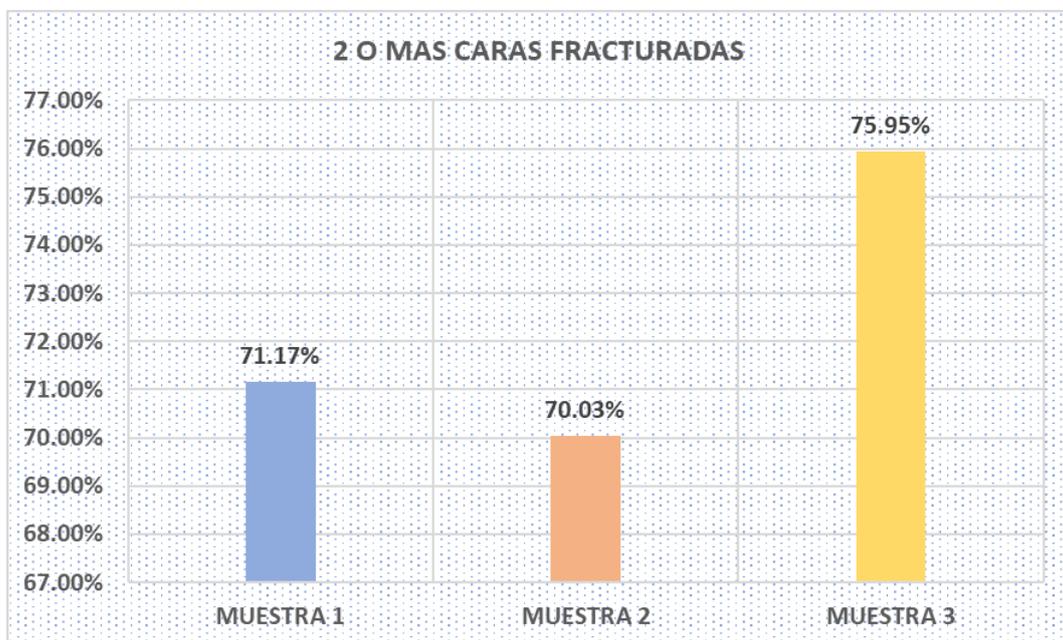
Fuente: Elaboración propia

En la figura 15, se puede observar gráficamente los porcentajes de 1 cara fracturada en las distintas muestras ensayadas y, en la figura 16, observamos gráficamente los porcentajes de 2 o más caras fracturadas en las muestras ensayadas.



*Figura 15 Porcentaje de 1 cara fracturada*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 16 Porcentaje de 2 o más caras fracturadas*

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.3. Chatas y alargadas

Para realizar el ensayo de partículas chatas y alargadas, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 223, donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza al agregado grueso según el manual de especificaciones técnicas del MTC en la tabla 403-03 donde nos indica que para alturas mayores o iguales a 3000 msnm el porcentaje máximo de partículas chatas y alargadas es de un máximo 15%, en la tabla 9 podemos observar los distintos pesos y porcentajes de las partículas chatas en las distintas muestras ensayadas donde se puede apreciar que el porcentaje de partículas chatas es menos al 15%.

**Tabla 9 Porcentaje de partículas chatas**

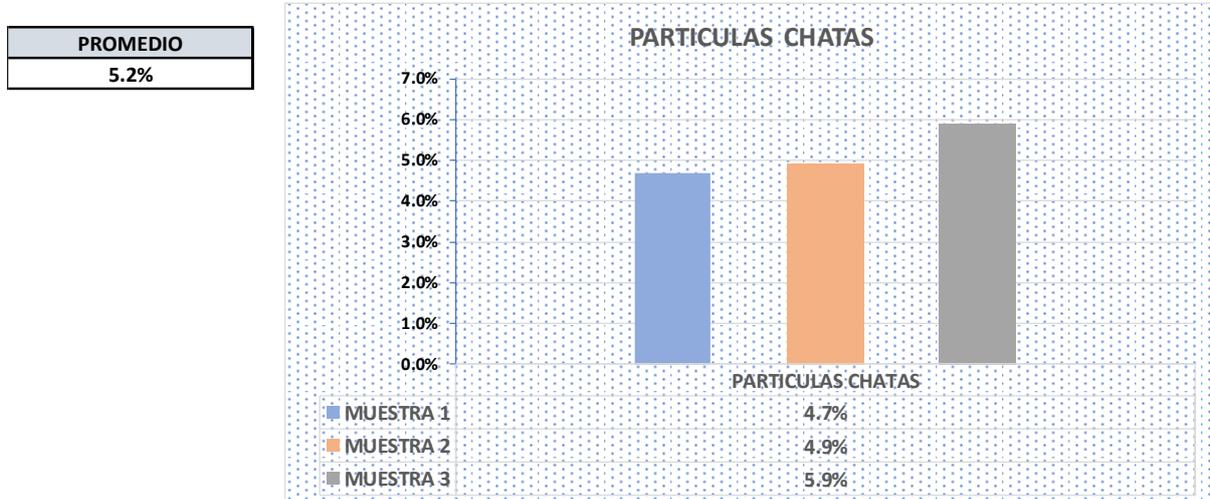
		PARTICULAS CHATAS						
		MUESTRA 1						
MUESTRA(g)	3000	Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
		Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	6	33	780	2040	0	
		Porcentaje no chatas	0.2%	1.1%	26.0%	68.0%	0.0%	
		Peso retenido	0	15	51	75	0	TOTAL
		Porcentaje chatas	0.0%	0.5%	1.7%	2.5%	0.0%	4.7%

		MUESTRA 2						
MUESTRA(g)	3000	Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
		Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	13	58	750	2031	0	
		Porcentaje no chatas	0.4%	1.9%	25.0%	67.7%	0.0%	
		Peso retenido	7	18	81	42	0	TOTAL
		Porcentaje chatas	0.2%	0.6%	2.7%	1.4%	0.0%	4.9%

		MUESTRA 3						
MUESTRA(g)	3000	Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
		Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	8	52	753	2010	0	
		Porcentaje no chatas	0.3%	1.7%	25.1%	67.0%	0.0%	
		Peso retenido	6	15	84	72	0	TOTAL
		Porcentaje chatas	0.2%	0.5%	2.8%	2.4%	0.0%	5.9%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, se puede observar gráficamente los porcentajes de partículas chatas en las distintas muestras ensayadas.



*Figura 17 Porcentaje de partículas chatas*

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, podemos observar los distintos pesos y porcentajes de las partículas alargadas en las distintas muestras ensayadas donde se puede apreciar que el porcentaje de partículas chatas es menos al 15%.

**Tabla 10 Porcentaje de partículas alargadas**

		PARTICULAS ALARGADAS						
		MUESTRA 1						
		Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
<b>MUESTRA(g)</b>	<b>3000</b>	Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	7	58	604	2125	0	
		<b>Porcentaje no alargadas</b>	<b>0.2%</b>	<b>1.9%</b>	<b>20.1%</b>	<b>70.8%</b>	<b>0.0%</b>	
		Peso retenido	0	0	56	150	0	TOTAL
		<b>Porcentaje alargadas</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>1.9%</b>	<b>5.0%</b>	<b>0.0%</b>	6.9%

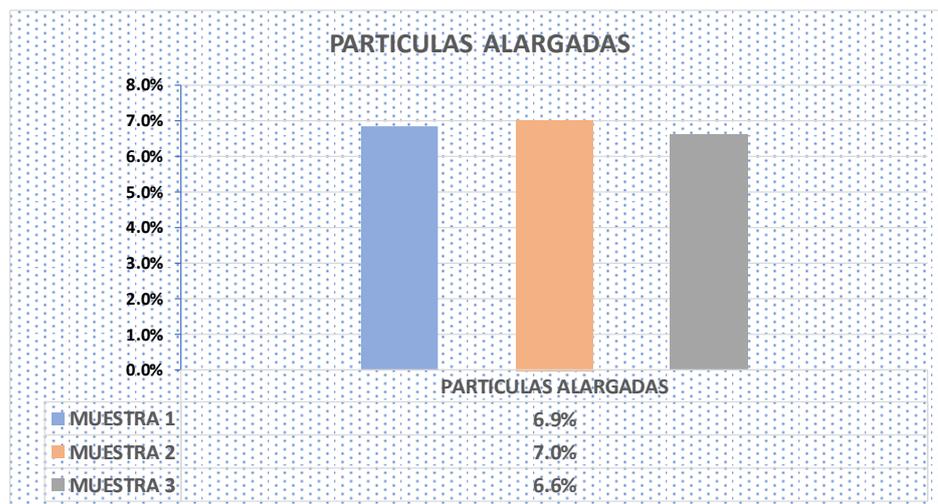
		MUESTRA 2						
		Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
<b>MUESTRA(g)</b>	<b>3000</b>	Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	9	51	732	1997	0	
		<b>Porcentaje no alargadas</b>	<b>0.3%</b>	<b>1.7%</b>	<b>24.4%</b>	<b>66.6%</b>	<b>0.0%</b>	
		Peso retenido	5	31	95	80	0	TOTAL
		<b>Porcentaje alargadas</b>	<b>0.2%</b>	<b>1.0%</b>	<b>3.2%</b>	<b>2.7%</b>	<b>0.0%</b>	7.0%

		MUESTRA 3						
		Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
<b>MUESTRA(g)</b>	<b>3000</b>	Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	7	45	661	2089	0	
		<b>Porcentaje no alargadas</b>	<b>0.2%</b>	<b>1.5%</b>	<b>22.0%</b>	<b>69.6%</b>	<b>0.0%</b>	
		Peso retenido	6	22	83	87	0	TOTAL
		<b>Porcentaje alargadas</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.7%</b>	<b>2.8%</b>	<b>2.9%</b>	<b>0.0%</b>	6.6%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18, se puede observar gráficamente los porcentajes de partículas alargadas en las distintas muestras ensayadas.

<b>PROMEDIO</b>
<b>6.8%</b>



*Figura 18 Porcentaje de partículas alargadas*

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.4. Peso específico y absorción

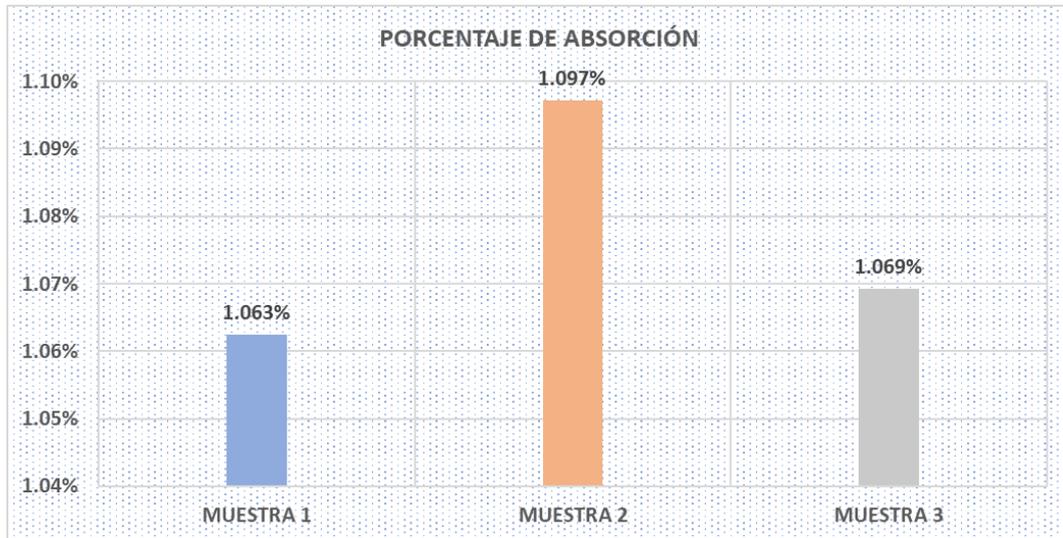
Para realizar el ensayo de peso específico y absorción, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 206, donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza al agregado grueso, esto lo realizamos para poder observar cuál de los agregados tiene mayor porcentaje de absorción que luego nos servirá como base explicativa para la investigación, en la tabla 11 podemos observar las distintas muestras que se ensayaron y cuáles fueron sus pesos específicos y porcentaje de absorción del agregado grueso.

*Tabla 11 Peso específico y porcentaje de absorción agregado grueso*

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION				
	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
MUESTRA DE ENSAYO MINIMO (3/4)	gr	3000	3000	3000
PESO DE MUESTRA SECA - A	gr	3200	3190	3180
PESO SSSECO (SUMERGIDO) B	gr	3234	3225	3214
PESO MUESTRA EN EL AGUA C	gr	2048	2040	2045
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3	2.698	2.692	2.720
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3	2.727	2.722	2.749
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3	2.778	2.774	2.802
ABSORCIÓN	%	1.063%	1.097%	1.069%
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3	2.703		
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3	2.733		
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3	2.784		
ABSORCIÓN	%	1.076%		

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, podemos observar gráficamente los porcentajes de absorción de las muestras ensayadas para el agregado grueso.



**Figura 19 Porcentaje de absorción agregado grueso**

Fuente: Elaboración propia

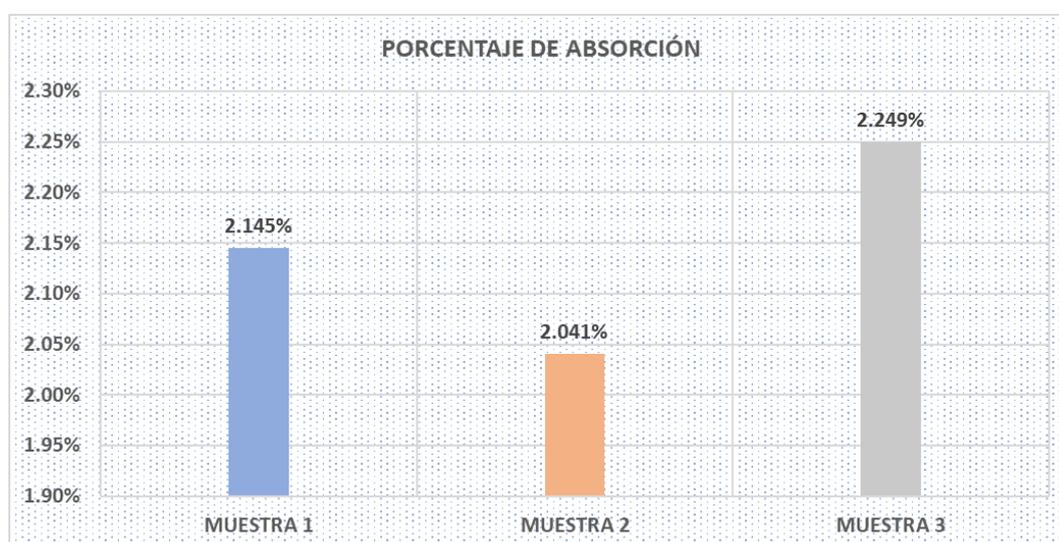
Para realizar el ensayo de peso específico y absorción, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 205, donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza al agregado fino, esto lo realizamos para poder observar cuál de los agregados tiene mayor porcentaje de absorción que luego nos servirá como base explicativa para la investigación, en la tabla 12 podemos observar las distintas muestras que se ensayaron y cuáles fueron sus pesos específicos y porcentaje de absorción del agregado fino.

**Tabla 12 Peso específico y porcentaje de absorción agregado fino**

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION				
	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
PESO DE LA MUESTRA SSS	gr	500	500	500
PESO DE LA TARA	gr	93.0	104.0	97.0
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr	591.5	602.1	595.3
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	489.5	490.0	489.0
VOLUMEN DEL FRASCO	cm3	500	500	500
VOLUMEN AGUA AÑADIDA	cm3	316	318	315
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3	2.660	2.692	2.643
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3	2.717	2.747	2.703
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3	2.821	2.849	2.810
ABSORCIÓN	%	2.145%	2.041%	2.249%
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3	2.665		
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3	2.722		
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3	2.827		
ABSORCIÓN	%	2.145%		

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20, podemos observar gráficamente los porcentajes de absorción de las muestras ensayadas para el agregado fino.



**Figura 20 Porcentaje de absorción agregado fino**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.5. Índice de plasticidad

Para realizar el ensayo de índice de plasticidad, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 110 y MTC E 111, donde nos indican cómo se realiza estos ensayos, los cuales son límite plástico y límite líquido respectivamente. El cual se realiza al suelo granular según el manual de especificaciones técnicas del MTC en la tabla 403-04 donde nos indica que para alturas mayores o iguales a 3000 msnm el porcentaje mínimo de índice plástico o índice de plasticidad es 2%, en la tabla 13 podemos observar los distintos pesos y porcentajes de humedad en las distintas muestras ensayadas donde se puede apreciar que el porcentaje de humedad para dichos ensayos el índice de plasticidad es el límite líquido menos el límite plástico.

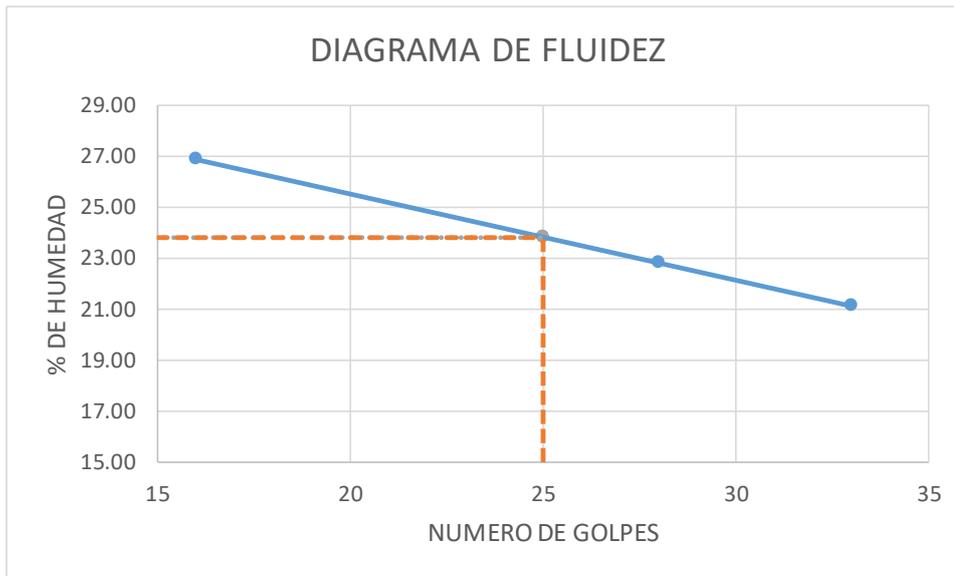
*Tabla 13 Límite líquido y límite plástico*

LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE TARRO	grs	21.95	21.64	21.87	21.34	21.42
	PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	32.42	36.45	34.21	35.24	31.68
	PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	30.94	34.21	32.30	33.20	30.18
	PESO DEL AGUA	grs	1.48	2.24	1.91	2.04	1.50
	PESO DEL SUELO SECO	grs	8.99	12.57	10.43	11.86	8.76
	% HUMEDAD	%	16.46	17.82	18.31	17.20	17.12
	PROMEDIO	%	17.384				

LÍMITE LÍQUIDO ASTM D 4318	MUESTRA	UND	1	2	3
	PESO DE TARRO	grs	21.95	21.64	21.87
	PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	43.42	46.25	44.54
	PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	38.87	41.68	40.59
	PESO DEL AGUA	grs	4.55	4.57	3.95
	PESO DEL SUELO SECO	grs	16.92	20.04	18.72
	% HUMEDAD	%	26.89	22.80	21.10
	NUMERO DE GOLPES		16	28	33

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se puede observar el diagrama de fluidez donde nos interesa saber el porcentaje de humedad a un número de 25 golpes para poder hallar el límite líquido; también podemos observar que el índice de plasticidad es de 6.416%, lo cual nos indica que es superior al 2% mínimo que exige el manual de especificaciones técnicas del MTC.



Limite Liquido (%)	23.800
Limite Plastico (%)	17.384
Indice de Plasticidad	6.416

*Figura 21 Índice de plasticidad*

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.6. Proctor Modificado

Para realizar el ensayo de Proctor modificado, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 115, donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza para poder conocer el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca para poder evaluar a ese porcentaje que errores existe en una situación real, en la tabla 14 podemos observar los distintos pesos, porcentajes de humedad y peso volumétrico seco en las distintas muestras ensayadas.

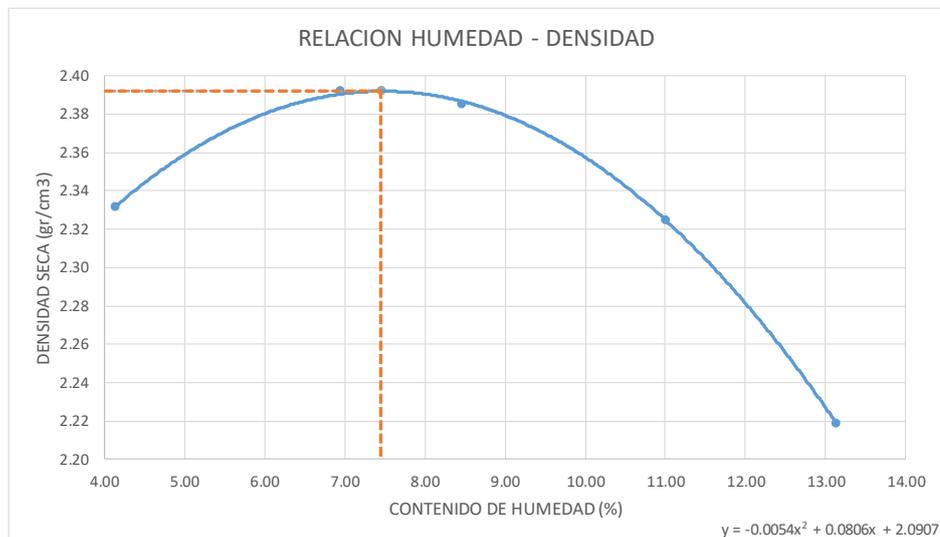
**Tabla 14 Proctor modificado**

METODO DE COMPACTACION: C  
 NUMERO DE GOLPES: 56  
 NUMERO DE CAPAS: 5

PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 / AASHTO T-180 / ASTM D 1557	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DEL SUELO + MOLDE	grs	11706.00	11978.00	12038.00	12025.00	11878.00
PESO DEL MOLDE	grs	6640.00	6640.00	6640.00	6640.00	6640.00	
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO	grs	5066.00	5338.00	5398.00	5385.00	5238.00	
DIAMETRO DEL MOLDE	cm	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	
ALTURA DEL MOLDE	cm	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2086.59	2086.59	2086.59	2086.59	2086.59	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	grs/cm3	2.43	2.56	2.59	2.58	2.51	
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	122.70	138.96	124.24	133.56	132.45	
PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	118.72	131.38	115.92	122.44	119.65	
PESO DEL TARRO	grs	22.45	22.23	17.54	21.38	22.25	
PESO DEL AGUA	grs	3.98	7.58	8.32	11.12	12.80	
PESO DEL SUELO SECO	grs	96.27	109.15	98.38	101.06	97.40	
% HUMEDAD	%	4.13	6.94	8.46	11.00	13.14	
PESO VOLUMETRICO SECO	grs/cm3	2.33	2.39	2.39	2.32	2.22	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, observamos gráficamente el contenido de humedad vs densidad seca, la cual usamos para poder hallar la máxima densidad y la humedad que corresponde a este.

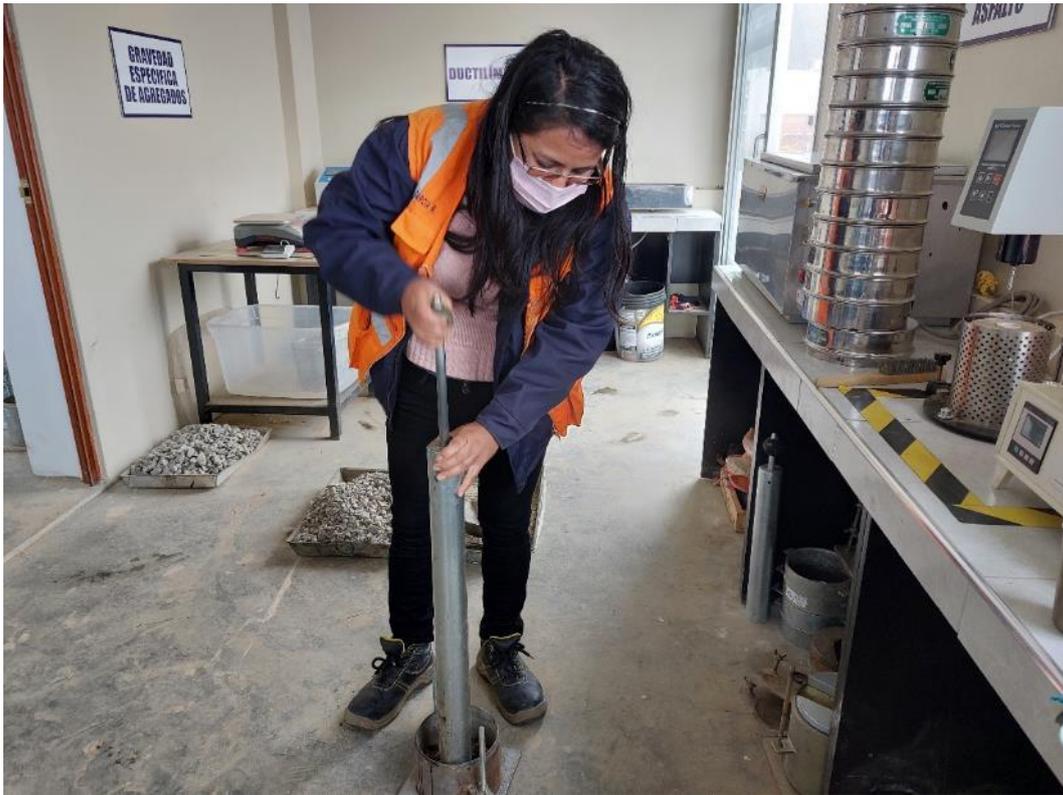


Densidad Maxima	2.392
Humedad Optima	7.460

**Figura 22 Humedad vs densidad**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23, la compactación de la muestra para el ensayo de Proctor modificado.



*Figura 23 Ensayo de Proctor modificado*

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2.7. Contenido de humedad**

Para realizar el ensayo de contenido de humedad, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 108 y MTC E 126, donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza para poder conocer el contenido de humedad de la muestra, ya sea alterada o sin alterar. Este ensayo se ampliará en el siguiente capítulo, debido a que la investigación se basa en este concepto de contenido de humedad.

### 4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

#### TRABAJOS PREVIOS

##### 4.4.1. Humedad Método de secado en horno

Para realizar el ensayo de humedad al horno, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 108, donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza para poder conocer el contenido de humedad el cual es el método más exacto para poder determinar dicho contenido y nos servirá para poder obtener toda la muestra que será ensayada en los distintos contenidos de humedad, en la tabla 15 podemos observar los distintos pesos, porcentajes de humedad de las distintas muestras ensayadas.

*Tabla 15 Contenido de humedad con el método de secado en horno*

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE TARRO	grs	73.20	74.00	73.10	73.30	73.20
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	854.60	832.20	865.80	847.90	842.80	
PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	824.20	792.50	812.40	804.10	791.80	
PESO DEL AGUA	grs	30.40	39.70	53.40	43.80	51.00	
PESO DEL SUELO SECO	grs	751.00	718.50	739.30	730.80	718.60	
% HUMEDAD	%	4.05	5.53	7.22	5.99	7.10	
PROMEDIO	%	5.977					

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, podemos observar que en primer lugar se realiza el pesaje de la muestra antes de poder llevarla al horno.



***Figura 24 Pesaje de la muestra***

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se puede observar cómo se introducen las muestras dentro del horno para poder secarlas durante 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.



*Figura 25 Colocación en el horno de secado*

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2. Humedad Método Carburo de Calcio**

Para realizar el ensayo de humedad con el método de carburo de calcio, nos basamos en el manual de ensayo de materiales en la norma MTC E 126 donde nos indican cómo se realiza este ensayo. El cual se realiza para poder conocer el contenido de humedad el cual es el método más rápido para poder determinar dicho contenido, pero la confiabilidad es baja debido al gran porcentaje de variación que es de  $\pm 3$  °C y nos servirá como guía para poder ver cuánto varía en la humedad natural del material granular, en la tabla 16 podemos observar los distintos pesos, porcentajes de humedad de las distintas muestras ensayadas donde la variación de humedad es casi 1% y el nivel de confiabilidad es de 84.36% a comparación de la humedad obtenida con secado en horno.

**Tabla 16 Humedad método de carburo de calcio**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	5.977
--------------------------------	---	-------

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs		30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg		180.00	181.00	180.00	180.00	180.00
LECTURA DE DIAL			5.02	5.01	4.98	5.03	5.11
% HUMEDAD	%		5.02	5.07	4.98	5.03	5.11
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%		0.96	0.91	1.00	0.95	0.87
CONFIABILIDAD	%		83.99	84.83	83.32	84.16	85.49
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%		5.042				
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%		84.36				

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, podemos observar que se colocan las 3 medidas de carburo de calcio que nos especifica las instrucciones del equipo Speedy.



**Figura 26 Medida del carburo de calcio**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27, se observa que se hace el vertido del carburo de calcio en el equipo Speedy.



*Figura 27 Vertido del carburo de calcio al equipo Speedy*

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28, observamos que se pesa el material húmedo en la cantidad que nos indica las instrucciones del equipo Speedy.



*Figura 28 Pesado de la muestra de material*

Fuente: Elaboración propia

Se echa con cuidado la muestra sin dejar que entre en contacto con el carburo de calcio, luego se sella el equipo y se procede a agitarlo durante 35 segundos dejando descansar 25 segundos en 3 etapas como se muestra en la figura 29.



*Figura 29* Agitado del equipo para mezclar el carburo de calcio con el agua de la muestra

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se da lectura del dial de presión que se encuentra en la base del equipo y esta lectura es el porcentaje de humedad, como se muestra en la figura 30.



*Figura 30 Lectura del porcentaje de humedad*

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2.1. Humedad 2% Speedy sin premolienda**

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 2% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secado en horno durante 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y posteriormente enfriado a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 2% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos están en la tabla 17.

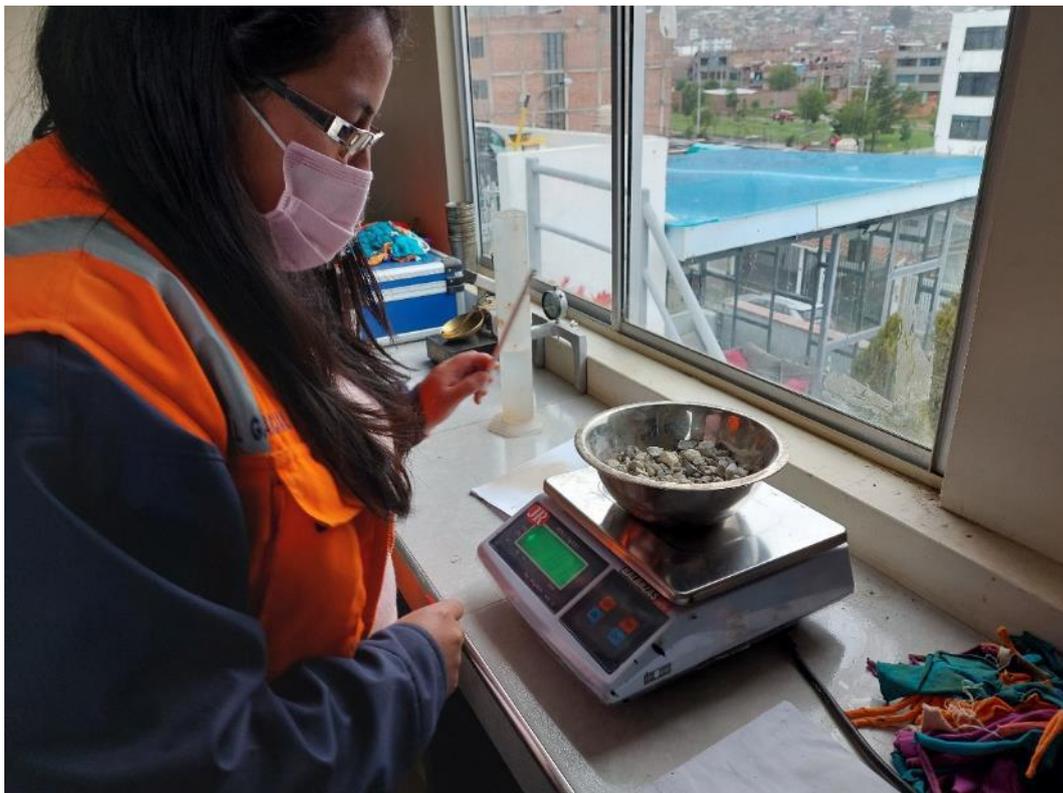
**Tabla 17 Humedad al 2% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	2.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1500.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	30.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	178.00	168.00	160.00	170.00
	LECTURA DE DIAL		1.74	1.57	1.67	1.66	1.72
	% HUMEDAD	%	1.74	1.57	1.67	1.66	1.72
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.26	0.43	0.33	0.34	0.28
	CONFIABILIDAD	%	87.00	78.50	83.50	83.00	86.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	1.672				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	83.60				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 31, se hace un pesado del material granular seco para así calcular el contenido de agua que se le debe agregar para inducir cierto porcentaje de humedad.



**Figura 31 Pesado de material seco**

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 32, obtenido el peso a agregar de agua se procede con el pesado de esta para poder agregarla al material granular.



*Figura 32 Pesado del agua a agregar*

Fuente: Elaboración propia

Después, agregamos el agua al material granular para así poder mezclarlo como se observa en la figura 33.



***Figura 33 Agregado del agua al material seco***

Fuente: Elaboración propia

Luego, como se observa en la figura 34, se procede a realizar un mezclado hasta que la muestra tenga una humedad homogénea.



*Figura 34 Mezclado para uniformizar la humedad*

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se tamiza por la malla N° 4 para así poder realizar el ensayo del Speedy con el carburo de calcio como se observa en la figura 35.



*Figura 35 Mezclado del agua con el material seco*

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2.2. Humedad 2% Speedy con premolienda**

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 2% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 2% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos los vemos en la tabla 18.

**Tabla 18 Humedad al 2% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	2.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1550.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	31.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	180.00	183.00	168.00	170.00
	LECTURA DE DIAL		1.78	1.81	1.82	1.79	1.79
	% HUMEDAD	%	1.78	1.81	1.82	1.79	1.79
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.22	0.19	0.18	0.21	0.21
	CONFIABILIDAD	%	89.00	90.50	91.00	89.50	89.50
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	1.798				
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	89.90					

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la premolienda, primero necesitamos separar los materiales gruesos de los finos y esto lo hacemos con ayuda de la malla N° 4, como lo observamos en la figura 36.



**Figura 36 Separación del material fino y grueso**

Fuente: Elaboración propia

Luego, con el material grueso se realiza el proceso de premolienda con el pisón de 10 libras con 50 golpes para poder reducir las partículas, como se observa en la figura 37.



*Figura 37 Proceso de premolienda con el pisón*

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2.3. Humedad 4% Speedy sin premolienda**

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 4% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 4% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 19.

**Tabla 19 Humedad al 4% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	4.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1550.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	62.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	178.00	184.00	179.00	180.00	180.00
LECTURA DE DIAL		3.27	3.23	3.34	3.42	3.28	
% HUMEDAD	%	3.27	3.23	3.34	3.42	3.28	
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.73	0.77	0.66	0.58	0.72	
CONFIABILIDAD	%	81.75	80.75	83.50	85.50	82.00	
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	3.308					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	82.70					

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2.4. Humedad 4% Speedy con premolienda**

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 4% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 4% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 20.

**Tabla 20 Humedad al 4% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	4.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1450.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	58.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	179.00	180.00	178.00	177.00	181.00
	LECTURA DE DIAL		3.61	3.58	3.55	3.64	3.49
	% HUMEDAD	%	3.61	3.58	3.55	3.64	3.49
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.39	0.42	0.45	0.36	0.51
	CONFIABILIDAD	%	90.25	89.50	88.75	91.00	87.25
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	3.574				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	89.35				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.5. Humedad 6% Speedy sin premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 6% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 6% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 21.

**Tabla 21 Humedad al 6% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	6.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1400.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	84.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	179.00	181.00	180.00	178.00	182.00
	LECTURA DE DIAL		5.01	4.98	4.89	4.97	4.91
	% HUMEDAD	%	5.01	4.98	4.89	4.97	4.91
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.99	1.02	1.11	1.03	1.09
	CONFIABILIDAD	%	83.50	83.00	81.50	82.83	81.83
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	4.952				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	82.53				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.6. Humedad 6% Speedy con premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 6% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 6% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 22.

**Tabla 22 Humedad al 6% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA		%	6.0				
PESO DE LA MUESTRA TOTAL		grs	1490.0				
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR		grs	89.4				

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	181.00	180.00	182.00	179.00	183.00
	LECTURA DE DIAL		5.31	5.29	5.34	5.41	5.30
	% HUMEDAD	%	5.31	5.29	5.34	5.41	5.30
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.69	0.71	0.66	0.59	0.70
	CONFIABILIDAD	%	88.50	88.17	89.00	90.17	88.33
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	5.330				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.83				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.7. Humedad 8% Speedy sin premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 8% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/-

5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 8% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 23.

**Tabla 23 Humedad al 8% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA		%	8.0				
PESO DE LA MUESTRA TOTAL		grs	1497.0				
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR		grs	119.8				

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	179.00	180.00	181.00	180.00
	LECTURA DE DIAL		6.50	6.44	6.41	6.45	6.30
	% HUMEDAD	%	6.50	6.44	6.41	6.45	6.40
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.50	1.56	1.59	1.55	1.60
	CONFIABILIDAD	%	81.25	80.50	80.13	80.63	80.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.440				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	80.50				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.8. Humedad 8% Speedy con premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 8% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 8% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 24.

**Tabla 24 Humedad al 8% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	6.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1490.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	89.4

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	181.00	180.00	182.00	179.00	183.00
	LECTURA DE DIAL		5.31	5.29	5.34	5.41	5.30
	% HUMEDAD	%	5.31	5.29	5.34	5.41	5.30
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.69	0.71	0.66	0.59	0.70
	CONFIABILIDAD	%	88.50	88.17	89.00	90.17	88.33
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	5.330				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.83				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.9. Humedad 10% Speedy sin premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 10% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 10% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 25.

**Tabla 25 Humedad al 10% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	10.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1570.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	157.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	182.00	181.00	184.00	183.00
	LECTURA DE DIAL		7.98	7.85	7.95	8.01	8.02
	% HUMEDAD	%	7.98	7.85	7.95	8.01	8.02
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	2.02	2.15	2.05	1.99	1.98
	CONFIABILIDAD	%	79.80	78.50	79.50	80.10	80.20
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	7.962				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	79.62				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.10. Humedad 10% Speedy con premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 10% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 10% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 26.

**Tabla 26 Humedad al 10% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA		%	10.0				
PESO DE LA MUESTRA TOTAL		grs	1565.0				
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR		grs	156.5				

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	181.00	183.00	182.00	180.00	184.00
	LECTURA DE DIAL		8.89	8.84	8.87	8.78	8.81
	% HUMEDAD	%	8.89	8.84	8.87	8.78	8.81
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.11	1.16	1.13	1.22	1.19
	CONFIABILIDAD	%	88.90	88.40	88.70	87.80	88.10
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	8.838				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.38				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.11. Humedad 12% Speedy sin premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 12% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 12% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy

y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 27.

**Tabla 27 Humedad al 12% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	12.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1560.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	187.2

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	184.00	182.00	187.00	186.00	182.00
	LECTURA DE DIAL		9.49	9.58	9.55	9.54	9.52
	% HUMEDAD	%	9.49	9.58	9.55	9.54	9.52
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	2.51	2.42	2.45	2.46	2.48
	CONFIABILIDAD	%	79.08	79.83	79.58	79.50	79.33
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	9.536				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	79.47				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.12. Humedad 12% Speedy con premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 12% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 12% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 28.

**Tabla 28 Humedad al 12% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	12.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1570.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	188.4

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	184.00	182.00	186.00	184.00
	LECTURA DE DIAL		10.58	10.56	10.59	10.64	10.62
	% HUMEDAD	%	10.58	10.56	10.59	10.64	10.62
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.42	1.44	1.41	1.36	1.38
	CONFIABILIDAD	%	88.17	88.00	88.25	88.67	88.50
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	10.598				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.32				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.13. Humedad 14% Speedy sin premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 14% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 14% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 29.

**Tabla 29 Humedad al 14% con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	14.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1670.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	233.8

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	185.00	184.00	186.00	184.00	185.00
	LECTURA DE DIAL		11.20	11.28	11.25	11.24	11.21
	% HUMEDAD	%	11.20	11.28	11.25	11.24	11.21
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	2.80	2.72	2.75	2.76	2.79
	CONFIABILIDAD	%	80.00	80.57	80.36	80.29	80.07
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	11.236				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	80.26				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.14. Humedad 14% Speedy con premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio a 14% de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 14% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 30.

*Tabla 30 Humedad al 14% con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda*

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA		%	14.0				
PESO DE LA MUESTRA TOTAL		grs	1660.0				
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR		grs	232.4				

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	184.00	185.00	182.00	183.00	185.00
	LECTURA DE DIAL		12.32	12.34	12.35	12.38	12.35
	% HUMEDAD	%	12.32	12.34	12.37	12.38	12.35
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.68	1.66	1.63	1.62	1.65
	CONFIABILIDAD	%	88.00	88.14	88.36	88.43	88.21
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	12.352				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.23				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.15. Humedad porcentaje óptimo Speedy sin premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio con el contenido óptimo de humedad, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una

temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 7.46% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, luego se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 31.

**Tabla 31 Humedad al contenido óptimo con el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	7.46
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1550.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	115.6

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	179.00	181.00	181.00	180.00
	LECTURA DE DIAL		6.03	6.09	6.08	6.07	6.02
	% HUMEDAD	%	6.03	6.09	6.08	6.07	6.02
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.43	1.37	1.38	1.39	1.44
	CONFIABILIDAD	%	80.83	81.64	81.50	81.37	80.70
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.058				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	81.21				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.16. Humedad porcentaje optimo Speedy con premolienda

Para poder realizar el ensayo de carburo de calcio con el contenido óptimo de humedad obtenido por el ensayo Proctor, en primer lugar, se obtuvo una parte de material granular secada en horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 °C y posteriormente enfriada a temperatura ambiente, a esta muestra se le agregó un 7.46% de contenido de agua en peso y luego se procedió a mezclar hasta uniformizar la muestra, después de realizada la uniformización pasamos a un proceso de premolienda donde con ayuda de un pisón normado como el del Proctor modificado se realizó una premolienda del material grueso con una repetición de 50 golpes para poder reducir el tamaño de las partículas. Luego, se procedió a tamizar por la malla N° 4 y se realizaron 5 ensayos con el equipo Speedy y el carburo de calcio, mezclando y agitando durante un tiempo promedio de 3 minutos o 180 segundos, obteniendo

los porcentajes de humedad y confiabilidad respecto al valor patrón; los cálculos lo vemos en la tabla 32.

**Tabla 32 Humedad al contenido óptimo con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA		%	7.46				
PESO DE LA MUESTRA TOTAL		grs	1550.0				
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR		grs	115.6				

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	181.00	181.00	180.00	182.00	180.00
	LECTURA DE DIAL		6.62	6.64	6.59	6.63	6.61
	% HUMEDAD	%	6.62	6.64	6.59	6.63	6.61
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.84	0.82	0.87	0.83	0.85
	CONFIABILIDAD	%	88.74	89.01	88.34	88.87	88.61
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.618				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.71				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN

##### 4.5.1. Humedad al horno

Como podemos observar en la tabla 33, donde se muestra los resultados del ensayo de humedad por el método de secado en horno, notamos que los porcentajes de humedad tienden a ser cercanos y como promedio tenemos un 5.977% de contenido de humedad; si lo comparamos con el contenido óptimo, podremos decir que los valores están cerca, pero es muy lejano para realizar una compactación de base granular, debido a que esta solo permite una variación de +/- 2% de humedad.

**Tabla 33 Resultados de la humedad secada al horno**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD	%	4.05	5.53	7.22	5.99	7.10
	PROMEDIO	%	5.977				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2. Humedad Speedy

El porcentaje de humedad obtenido con el método de carburo de calcio para conocer el porcentaje de humedad de la muestra natural, tal como observamos en la tabla 34 donde los valores a comparación de la humedad obtenida por secado al horno tienen una confiabilidad de 84.36% en promedio respecto a esta; y en promedio el porcentaje de humedad resulta ser 5.042%.

**Tabla 34 Resultados de la humedad por el método de carburo de calcio**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD	%		5.02	5.07	4.98	5.03
CONFIABILIDAD	%		83.99	84.83	83.32	84.16	85.49
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	5.042				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	84.36				

Fuente: Elaboración propia

##### 4.5.2.1. Humedad 2% Speedy sin premolienda

En la tabla 35, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 2% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 1.672% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 83.60% en promedio.

**Tabla 35 Resultados de la humedad al 2% por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD	%		1.74	1.57	1.67	1.66
CONFIABILIDAD	%		87.00	78.50	83.50	83.00	86.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	1.672				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	83.60				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.2. Humedad 2% Speedy con premolienda

En la tabla 36, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 2% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 1.798% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 89.90% en promedio, que llega a ser un 6.3% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda.

**Tabla 36 Resultados de la humedad al 2% por el método de carburo de calcio con premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	1.78	1.81	1.82	1.79
CONFIABILIDAD		%	89.00	90.50	91.00	89.50	89.50
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	1.798				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	89.90				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.3. Humedad 4% Speedy sin premolienda

En la tabla 37, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 4% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 3.308% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 82.70% en promedio.

**Tabla 37 Resultados de la humedad al 4% por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	3.27	3.23	3.34	3.42
CONFIABILIDAD		%	81.75	80.75	83.50	85.50	82.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	3.308				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	82.70				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.4. Humedad 4% Speedy con premolienda

En la tabla 38, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 4% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 3.574% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 89.35% en promedio, que llega a ser un 6.65% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda.

**Tabla 38 Resultados de la humedad al 4% por el método de carburo de calcio con premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	3.61	3.58	3.55	3.64
CONFIABILIDAD		%	90.25	89.50	88.75	91.00	87.25
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	3.574				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	89.35				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.5. Humedad 6% Speedy sin premolienda

En la tabla 39, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 6% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 4.952% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 82.53% en promedio.

**Tabla 39 Resultados de la humedad al 6% por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	5.01	4.98	4.89	4.97
CONFIABILIDAD		%	83.50	83.00	81.50	82.83	81.83
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	4.952				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	82.53				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.6. Humedad 6% Speedy con premolienda

En la tabla 40, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 6% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 5.330% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 88.83% en promedio, que llega a ser un 6.3% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda.

**Tabla 40 Resultados de la humedad al 6% por el método de carburo de calcio con premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	5.31	5.29	5.34	5.41
CONFIABILIDAD		%	88.50	88.17	89.00	90.17	88.33
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	5.330				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.83				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.7. Humedad 8% Speedy sin premolienda

En la tabla 41, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 8% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 6.440% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 80.50% en promedio.

**Tabla 41 Resultados de la humedad al 8% por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	6.50	6.44	6.41	6.45
CONFIABILIDAD		%	81.25	80.50	80.13	80.63	80.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.440				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	80.50				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.8. Humedad 8% Speedy con premolienda

En la tabla 42, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 8% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 7.088% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 88.60% en promedio, que llega a ser un 8.1% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda.

**Tabla 42 Resultados de la humedad al 8% por el método de carburo de calcio con premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	7.12	7.11	7.05	7.06
CONFIABILIDAD		%	89.00	88.88	88.13	88.25	88.75
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	7.088				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.60				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.9. Humedad 10% Speedy sin premolienda

En la tabla 43, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 10% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 7.962% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 79.62% en promedio.

**Tabla 43 Resultados de la humedad al 10% por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	7.98	7.85	7.95	8.01
CONFIABILIDAD		%	79.80	78.50	79.50	80.10	80.20
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	7.962				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	79.62				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.10. Humedad 10% Speedy con premolienda

En la tabla 44, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 10% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 8.838% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 88.38% en promedio, que llega a ser un 8.76% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda.

**Tabla 44 Resultados de la humedad al 10% por el método de carburo de calcio con premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	8.89	8.84	8.87	8.78
CONFIABILIDAD		%	88.90	88.40	88.70	87.80	88.10
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	8.838				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.38				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.11. Humedad 12% Speedy sin premolienda

En la tabla 45, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 12% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 9.536% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 79.47% en promedio.

**Tabla 45 Resultados de la humedad al 12% por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	9.49	9.58	9.55	9.54
CONFIABILIDAD		%	79.08	79.83	79.58	79.50	79.33
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	9.536				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	79.47				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.12. Humedad 12% Speedy con premolienda

En la tabla 46, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 12% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 10.598% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 88.32% en promedio, que llega a ser un 8.85% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda.

**Tabla 46 Resultados de la humedad al 12% por el método de carburo de calcio con premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	10.58	10.56	10.59	10.64
CONFIABILIDAD		%	88.17	88.00	88.25	88.67	88.50
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	10.598				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.32				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.13. Humedad 14% Speedy sin premolienda

En la tabla 47, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 14% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 11.236% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 80.26% en promedio.

**Tabla 47 Resultados de la humedad al 14% por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	11.20	11.28	11.25	11.24
CONFIABILIDAD		%	80.00	80.57	80.36	80.29	80.07
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	11.236				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	80.26				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.14. Humedad 14% Speedy con premolienda

En la tabla 48, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 14% y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 12.352% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 88.23% en promedio, que llega a ser un 7.97% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda.

**Tabla 48 Resultados de la humedad al 14% por el método de carburo de calcio con premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	12.32	12.34	12.37	12.38
CONFIABILIDAD		%	88.00	88.14	88.36	88.43	88.21
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	12.352				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.23				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.15. Humedad porcentaje optimo Speedy sin premolienda

En la tabla 49, podemos observar el contenido de humedad obtenido sin realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 7.46% que es el contenido óptimo de humedad y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio sin realizar la premolienda es de 6.058% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 81.21% en promedio; este valor no es permitido en la variación de humedad que nos exigen en los proyectos donde la variación es de +/- 1% de porcentaje de humedad.

**Tabla 49 Resultados de la humedad al contenido optimo por el método de carburo de calcio sin premolienda**

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	% HUMEDAD		%	6.03	6.09	6.08	6.07
CONFIABILIDAD		%	80.83	81.64	81.50	81.37	80.70
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.058				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	81.21				

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.16. Humedad porcentaje óptimo Speedy con premolienda

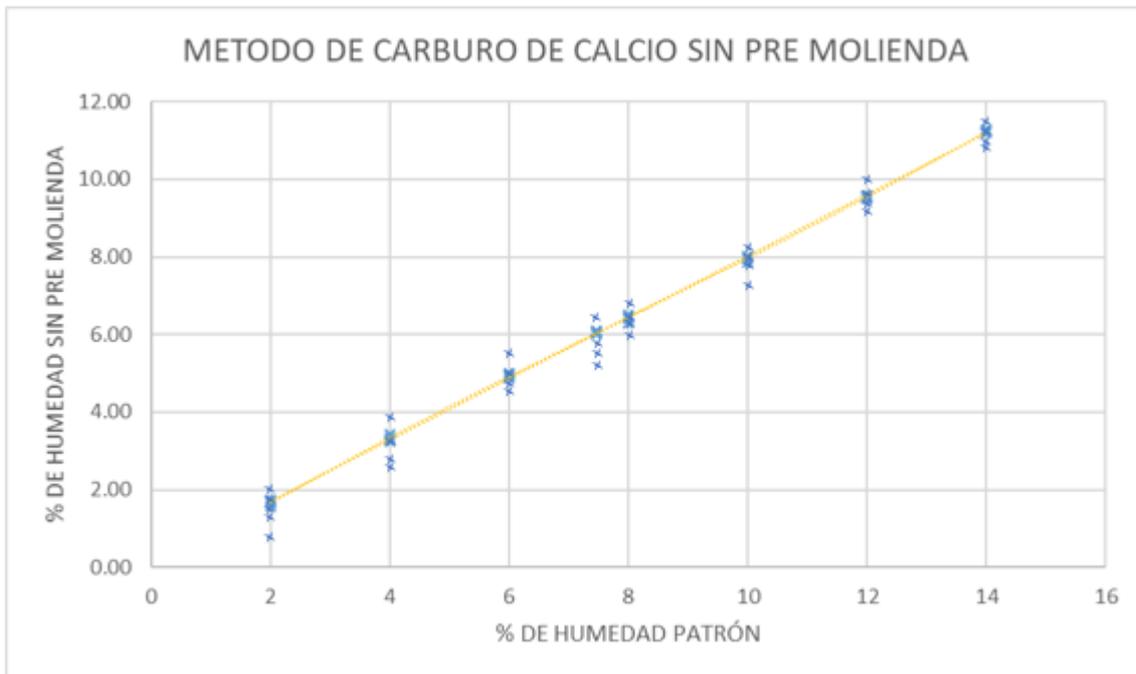
En la tabla 50, podemos observar el contenido de humedad obtenido después de realizar un proceso de premolienda; como sabemos la humedad inducida fue del 7.46% que es el porcentaje óptimo de humedad y el porcentaje de humedad obtenida con el método de carburo de calcio con el proceso de premolienda es de 6.618% en promedio; logrando un porcentaje de confiabilidad del 88.71% en promedio, que llega a ser un 7.5% mayor confiabilidad respecto al porcentaje de humedad sin el proceso de premolienda; este valor sí es permitido en la variación de humedad que nos exigen en los proyectos donde la variación es de +/- 1% de porcentaje de humedad; por lo cual queda demostrado que el proceso de premolienda es efectivo al mejorar la confiabilidad para el método de carburo de calcio.

**Tabla 50 Resultados de la humedad al contenido óptimo por el método de carburo de calcio con premolienda**

	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
HUMEDAD	% HUMEDAD	%	6.62	6.64	6.59	6.63	6.61
	CONFIABILIDAD	%	88.74	89.01	88.34	88.87	88.61
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.618				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.71				

Fuente: Elaboración propia

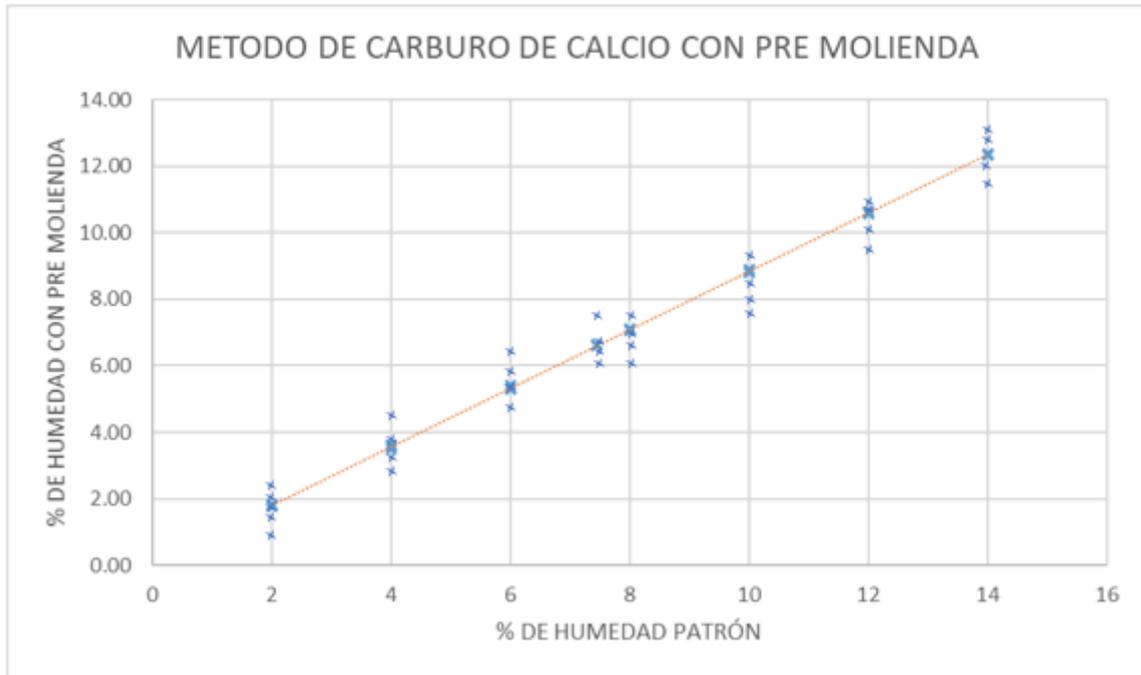
### 4.5.3. Información recopilada



*Figura 38 Humedades obtenidas por el método de carburo de calcio sin pre molienda*

Fuente: Elaboración propia

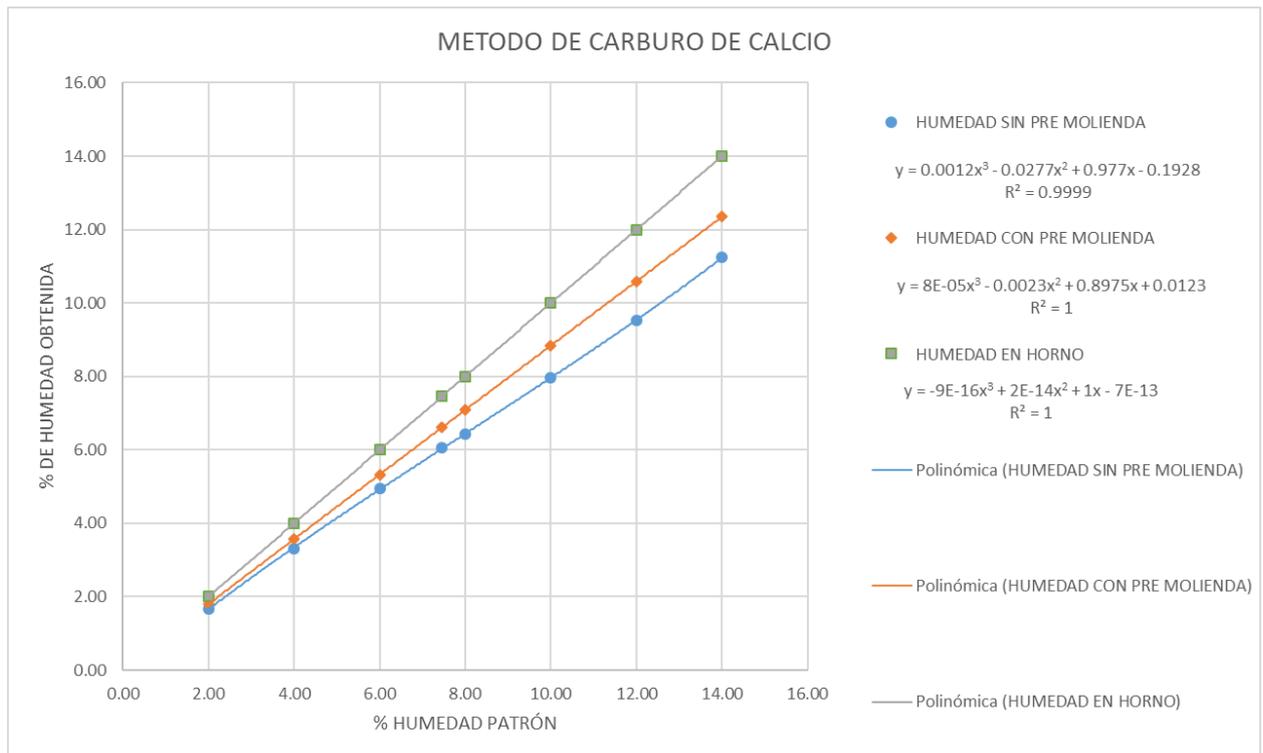
Como podemos observar en la figura 38, se muestra gráficamente los valores obtenidos en los diferentes ensayos de humedad con el método de carburo de calcio, esto se realizó sin el proceso de pre molienda, donde notamos que los valores tienden a ser alejados de la realidad, por lo cual este ensayo en situaciones de precisión no nos serviría de mucho.



**Figura 39** Humedades obtenidas por el método de carburo de calcio con premolienda

Fuente: Elaboración propia

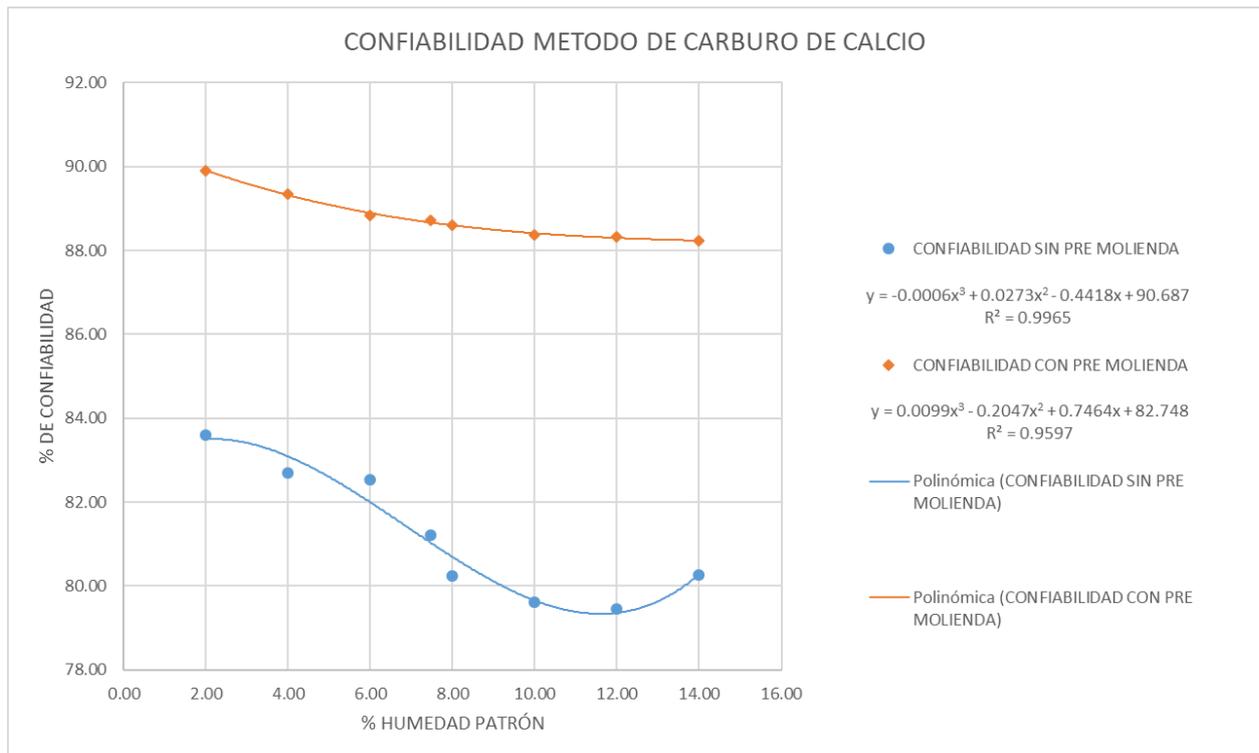
Como podemos observar en la figura 39, se muestra gráficamente los valores obtenidos en los diferentes ensayos de humedad con el método de carburo de calcio, esto se realizó con el proceso de premolienda, donde notamos que los valores tienden a ser cercanos de la realidad, por lo cual este ensayo apoyado del proceso de premolienda en situaciones de precisión sí nos sería de utilidad.



**Figura 40 Comparación de los distintos ensayos realizados en porcentaje de humedad**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 40, podemos observar de manera gráfica cuál de los métodos es más efectivo, siendo el de humedad en horno el más preciso; siguiéndole el método de carburo de calcio con un proceso de premolienda el más cercano a los valores reales; y por último podemos ver que el método de carburo de calcio sin el proceso de premolienda es el que más variación tiene respecto a los valores reales; por lo cual podemos adoptar el método de carburo de calcio con premolienda como un ensayo aceptable en precisión.



**Figura 41 Confiabilidad del método de carburo de calcio con y sin pre-molienda**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 41, podemos observar de manera gráfica la confiabilidad del método de carburo de calcio con pre-molienda y sin pre-molienda, siendo el método de carburo de calcio con un proceso de pre-molienda el más confiable teniendo porcentajes cercanos al 90%; mientras que el método de carburo de calcio sin el proceso de pre-molienda es menos confiable debido a su variación que no supera el 84% de confiabilidad; por lo cual podemos adoptar el método de carburo de calcio con pre-molienda como un ensayo aceptable en confiabilidad.

#### 4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

##### Análisis estadístico – Método de carburo de calcio

##### 1. Porcentaje de humedad (%) – Proceso sin pre-molienda

##### a. Datos descriptivos

Para el análisis del porcentaje de humedad en muestras de material granular sin proceso de pre-molienda, se presenta en la siguiente tabla los datos estadísticos descriptivos correspondientes a la variación de presión del ensayo de contenido de humedad en suelos por el método del carburo de calcio.

**Tabla 51. Datos descriptivos – Humedad (%) de proceso sin premolienda**

		<b>Descriptivos</b>				
	Presión		Estadístico	Desv. Error		
Porcentaje de humedad (%) - Proceso sin premolienda	2,00	Media	1,6720	,02956		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,5899		
			Límite superior	1,7541		
		Media recortada al 5%	1,6739			
		Mediana	1,6700			
		Varianza	,004			
		Desv. Desviación	,06611			
		Mínimo	1,57			
		Máximo	1,74			
		Rango	,17			
		Rango intercuartil	,11			
		Asimetría	-,920	,913		
		Curtosis	,833	2,000		
		4,00	4,00	Media	3,3080	,03308
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,2162
Límite superior	3,3998					
Media recortada al 5%	3,3061					
Mediana	3,2800					
Varianza	,005					
Desv. Desviación	,07396					
Mínimo	3,23					
Máximo	3,42					
Rango	,19					
Rango intercuartil	,13					
Asimetría	,913			,913		
Curtosis	,277			2,000		
6,00	6,00			Media	4,9520	,02245
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,8897
		Límite superior	5,0143			
		Media recortada al 5%	4,9522			
		Mediana	4,9700			
		Varianza	,003			
		Desv. Desviación	,05020			
		Mínimo	4,89			
		Máximo	5,01			
		Rango	,12			
		Rango intercuartil	,09			
		Asimetría	-,295	,913		
		Curtosis	-2,110	2,000		

7,46	Media		6,0580	,01393
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,0193	
		Límite superior	6,0967	
	Media recortada al 5%		6,0583	
	Mediana		6,0700	
	Varianza		,001	
	Desv. Desviación		,03114	
	Mínimo		6,02	
	Máximo		6,09	
	Rango		,07	
	Rango intercuartil		,06	
	Asimetría		-,437	,913
	Curtosis		-2,681	2,000
	8,00	Media		6,4200
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	6,3275	
		Límite superior	6,5125	
Media recortada al 5%			6,4222	
Mediana			6,4400	
Varianza			,006	
Desv. Desviación			,07450	
Mínimo			6,30	
Máximo			6,50	
Rango			,20	
Rango intercuartil			,12	
Asimetría			-1,191	,913
Curtosis			2,117	2,000
10,00		Media		7,9620
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,8771	
		Límite superior	8,0469	
	Media recortada al 5%		7,9650	
	Mediana		7,9800	
	Varianza		,005	
	Desv. Desviación		,06834	
	Mínimo		7,85	
	Máximo		8,02	
	Rango		,17	
	Rango intercuartil		,12	
	Asimetría		-1,430	,913
	Curtosis		1,979	2,000
	12,00	Media		9,5360
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	9,4943	
		Límite superior	9,5777	
Media recortada al 5%			9,5361	
Mediana			9,5400	
Varianza			,001	
Desv. Desviación			,03362	

	Mínimo		9,49	
	Máximo		9,58	
	Rango		,09	
	Rango intercuartil		,06	
	Asimetría		-,147	,913
	Curtosis		,154	2,000
14,00	Media		11,2360	,01435
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,1962	
		Límite superior	11,2758	
	Media recortada al 5%		11,2356	
	Mediana		11,2400	
	Varianza		,001	
	Desv. Desviación		,03209	
	Mínimo		11,20	
	Máximo		11,28	
	Rango		,08	
	Rango intercuartil		,06	
	Asimetría		,299	,913
	Curtosis		-1,021	2,000

Fuente: Elaboración propia

#### b. Pruebas de normalidad

En la siguiente tabla, se presenta la prueba de normalidad resultante para el porcentaje de humedad del proceso de muestras sin premolienda al variar la presión del ensayo, donde se somete a prueba:

Ho: Los datos de porcentaje de humedad del proceso sin premolienda provienen de una distribución normal.

H1: Los datos de porcentaje de humedad del proceso sin premolienda no provienen de una distribución normal.

**Tabla 52. Prueba de normalidad – Humedad (%) de proceso sin premolienda**

	Pruebas de normalidad						
	Presión	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de humedad (%) - Proceso sin premolienda	2,00	,228	5	,200*	,930	5	,593
	4,00	,248	5	,200*	,937	5	,644
	6,00	,240	5	,200*	,927	5	,574
	7,46	,250	5	,200*	,885	5	,332
	8,00	,247	5	,200*	,916	5	,503
	10,00	,230	5	,200*	,870	5	,266
	12,00	,147	5	,200*	,995	5	,994
	14,00	,191	5	,200*	,958	5	,794

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Encontrando una base de datos paramétrica al encontrar significancias mayores a 0.05, donde se acepta la hipótesis nula, interpretando que los datos de porcentaje de humedad del proceso sin premolienda provienen de una distribución normal.

c. Correlación

A partir de una distribución de datos normal para el porcentaje de humedad del proceso sin premolienda, se analiza la correlación bivariada por Pearson, donde se encuentra un coeficiente de 0.997 que representa una correlación positiva perfecta para un análisis de porcentaje de humedad ante su variación de presión.

**Tabla 53. Correlaciones – Humedad (%) de proceso sin premolienda**  
**Correlaciones**

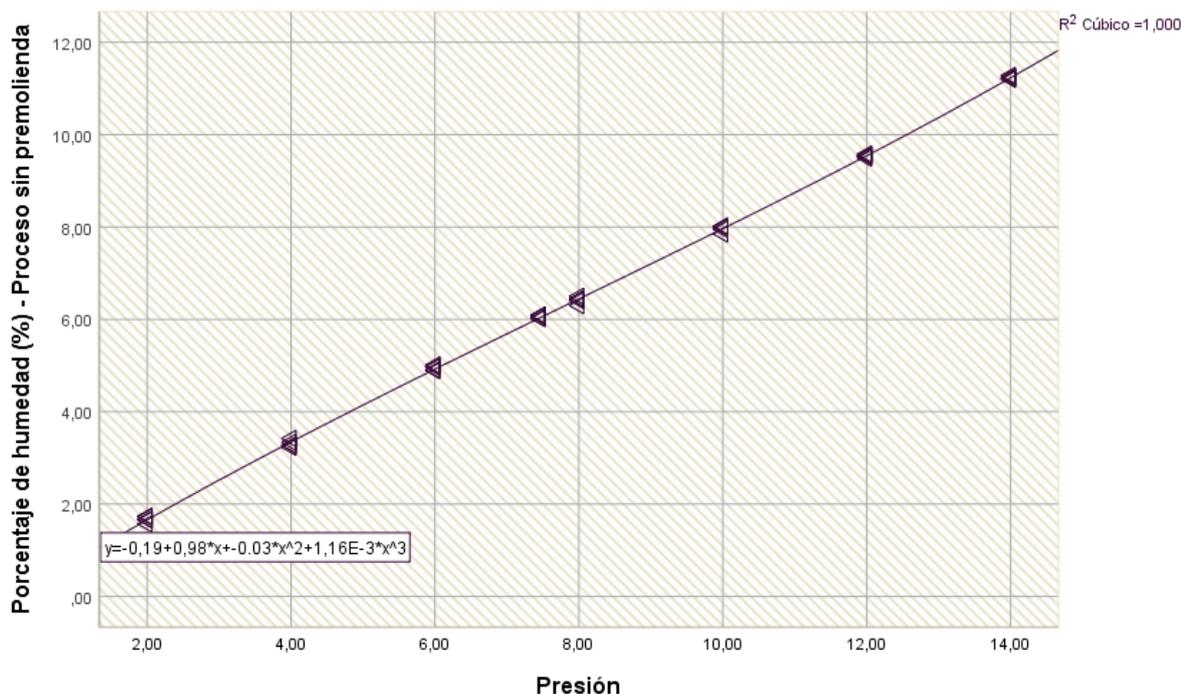
		Presión	Porcentaje de humedad (%) - Proceso sin premolienda
Presión	Correlación de Pearson	1	,997**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Porcentaje de humedad (%) - Proceso sin premolienda	Correlación de Pearson	,997**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

d. Diagrama de dispersión

A partir de la base de datos validada y correlacionada en la tabla anterior, se presenta en la siguiente figura el diagrama de dispersión de puntos generado para el porcentaje de humedad del proceso sin premolienda al variar la presión. Presentando una tendencia positiva y teniendo una ecuación de ajuste con un  $R^2 = 1.000$  que representa un coeficiente elevado para la línea tendencia resultante para el porcentaje de humedad del proceso de muestras sin premolienda.



**Figura 1. Diagrama de dispersión – Humedad (%) de proceso sin premolienda**  
Fuente: Elaboración propia

## 2. Porcentaje de humedad (%) – Proceso con premolienda

### a. Datos descriptivos

Para el análisis del porcentaje de humedad en muestras de material granular con proceso de premolienda, se presenta en la siguiente tabla los datos estadísticos descriptivos correspondientes a la variación de presión del ensayo de contenido de humedad en suelos por el método del carburo de calcio.

**Tabla 54. Datos descriptivos – Humedad (%) de proceso con premolienda**  
Descriptivos

	Presión		Estadístico	Desv. Error	
Porcentaje de humedad (%) - Proceso con premolienda	2,00	Media	1,7980	,00735	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7776	
			Límite superior	1,8184	
		Media recortada al 5%	1,7978		
		Mediana	1,7900		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	,01643		
		Mínimo	1,78		
		Máximo	1,82		
		Rango	,04		
		Rango intercuartil	,03		
		Asimetría	,518	,913	
		Curtosis	-1,687	2,000	
	4,00	Media	3,5740	,02581	

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,5023	
		Límite superior	3,6457	
	Media recortada al 5%		3,5750	
	Mediana		3,5800	
	Varianza		,003	
	Desv. Desviación		,05771	
	Mínimo		3,49	
	Máximo		3,64	
	Rango		,15	
	Rango intercuartil		,10	
	Asimetría		-,590	,913
	Curtosis		-,022	2,000
6,00	Media		5,3300	,02168
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,2698	
		Límite superior	5,3902	
	Media recortada al 5%		5,3278	
	Mediana		5,3100	
	Varianza		,002	
	Desv. Desviación		,04848	
	Mínimo		5,29	
	Máximo		5,41	
	Rango		,12	
	Rango intercuartil		,08	
	Asimetría		1,514	,913
	Curtosis		2,072	2,000
7,46	Media		6,6180	,00860
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,5941	
		Límite superior	6,6419	
	Media recortada al 5%		6,6183	
	Mediana		6,6200	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,01924	
	Mínimo		6,59	
	Máximo		6,64	
	Rango		,05	
	Rango intercuartil		,04	
	Asimetría		-,590	,913
	Curtosis		-,022	2,000
8,00	Media		7,0880	,01393
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,0493	
		Límite superior	7,1267	
	Media recortada al 5%		7,0883	
	Mediana		7,1000	
	Varianza		,001	
	Desv. Desviación		,03114	
	Mínimo		7,05	
	Máximo		7,12	
	Rango		,07	
	Rango intercuartil		,06	
	Asimetría		-,437	,913
	Curtosis		-2,681	2,000

10,00	Media		8,8380	,01985
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,7829	
		Límite superior	8,8931	
	Media recortada al 5%		8,8383	
	Mediana		8,8400	
	Varianza		,002	
	Desv. Desviación		,04438	
	Mínimo		8,78	
	Máximo		8,89	
	Rango		,11	
	Rango intercuartil		,08	
	Asimetría		-,208	,913
	Curtosis		-1,464	2,000
	12,00	Media		10,5980
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	10,5583	
		Límite superior	10,6377	
Media recortada al 5%			10,5978	
Mediana			10,5900	
Varianza			,001	
Desv. Desviación			,03194	
Mínimo			10,56	
Máximo			10,64	
Rango			,08	
Rango intercuartil			,06	
Asimetría			,301	,913
Curtosis			-1,344	2,000
14,00		Media		12,3480
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,3211	
		Límite superior	12,3749	
	Media recortada al 5%		12,3478	
	Mediana		12,3500	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,02168	
	Mínimo		12,32	
	Máximo		12,38	
	Rango		,06	
	Rango intercuartil		,04	
	Asimetría		,422	,913
	Curtosis		1,435	2,000

Fuente: Elaboración propia

#### b. Pruebas de normalidad

En la siguiente tabla, se presenta la prueba de normalidad resultante para el porcentaje de humedad del proceso de muestras con premolienda al variar la presión del ensayo, donde se somete a prueba:

Ho: Los datos de porcentaje de humedad del proceso con premolienda provienen de una distribución normal.

H1: Los datos de porcentaje de humedad del proceso con premolienda no provienen de una distribución normal.

**Tabla 55. Prueba de normalidad – Humedad (%) de proceso con premolienda**

	Presión	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de humedad (%) - Proceso con premolienda	2,00	,287	5	,200*	,914	5	,490
	4,00	,141	5	,200*	,979	5	,928
	6,00	,260	5	,200*	,850	5	,196
	7,46	,141	5	,200*	,979	5	,928
	8,00	,250	5	,200*	,885	5	,332
	10,00	,165	5	,200*	,974	5	,898
	12,00	,199	5	,200*	,967	5	,858
	14,00	,263	5	,200*	,951	5	,747

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Encontrando una base de datos paramétrica al encontrar significancias mayores a 0.05, donde se acepta la hipótesis nula, interpretando que datos de porcentaje de humedad del proceso con premolienda provienen de una distribución normal.

### c. Correlación

A partir de una distribución de datos normal para el porcentaje de humedad del proceso con premolienda, se analiza la correlación bivariada por Pearson, donde se encuentra un coeficiente de 0.999 que representa una correlación positiva perfecta para un análisis de porcentaje de humedad ante su variación de presión.

**Tabla 56. Correlaciones – Humedad (%) de proceso con premolienda**

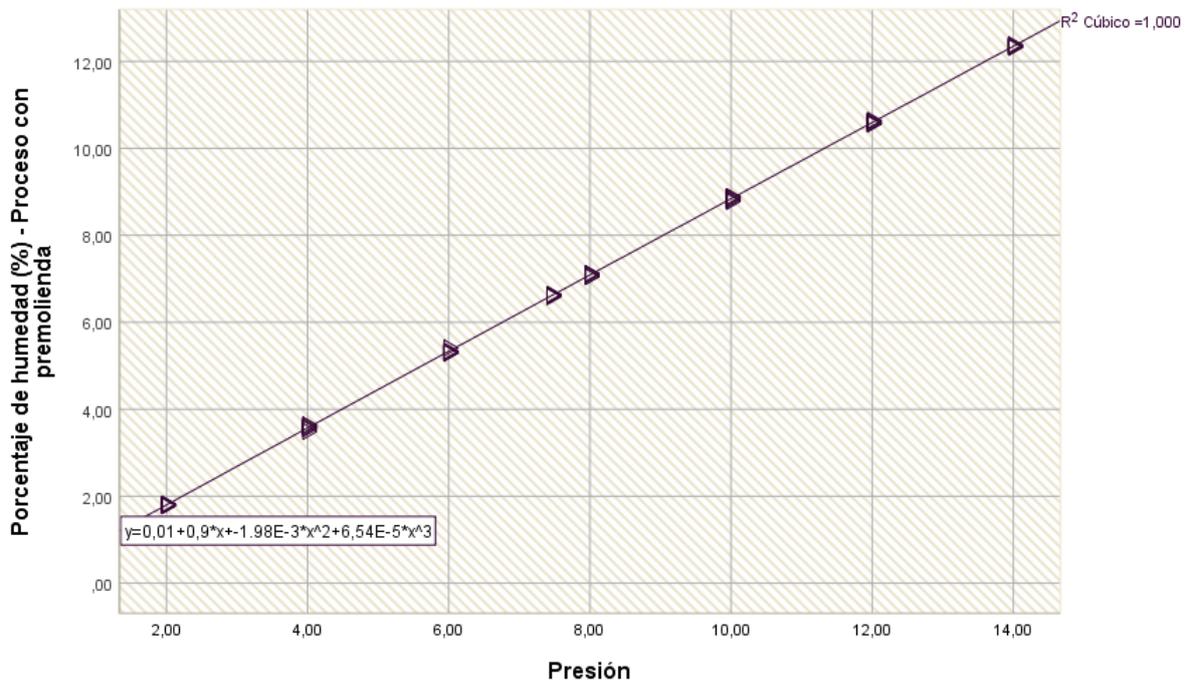
		Presión	Porcentaje de humedad (%) - Proceso con premolienda
Presión	Correlación de Pearson	1	,999**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Porcentaje de humedad (%) - Proceso con premolienda	Correlación de Pearson	,999**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

d. Diagrama de dispersión

A partir de la base de datos validada y correlacionada en la tabla anterior, se presenta en la siguiente figura el diagrama de dispersión de puntos generado para el porcentaje de humedad del proceso con premolienda al variar la presión. Presentando una tendencia positiva y teniendo una ecuación de ajuste con un  $R^2 = 1,000$  que representa un coeficiente elevado para la línea tendencia resultante para el porcentaje de humedad del proceso de muestras con premolienda.



**Figura 2. Diagrama de dispersión – Humedad (%) de proceso con premolienda**  
Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIONES**

#### **DISCUSIÓN 1**

El tiempo empleado para cada ensayo en cada muestra fue de aproximadamente 5 minutos, donde se demoró en promedio dos minutos en preparar y tamizar la muestra, la colocación en el aparato Speedy y los pesajes respectivos de muestra y carburo de calcio y los otros tres minutos el tiempo promedio de mezclado hasta que el dial de presión se detenga en el aparato Speedy.

Según (CORREDOR, 2011) en su tesis titulada “OBTENCIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SUELOS FINOS, USANDO HORNO MICROONDAS SIN REDUCTOR DE CALOR EMPLEANDO UNA POTENCIA DE 400W” indica que La potencia de 400W usada en esta investigación no es la adecuada para hallar la humedad en suelos finos. Se determinó que a mayor contenido de humedad en los suelos de esta investigación mayor va ser el tiempo de secado en el horno microondas, manteniendo así una relación directamente proporcional entre el contenido de humedad y el tiempo de secado De los ensayos de contenido de humedad natural y límites de consistencia se determinó que aunque los tiempos de secado son muy similares a las tesis anteriores, estas muestras secadas en el horno microondas se estallaron en más del 50%, por esto los suelos arcillosos o limos con altos contenidos de arcilla no se pueden dejar un tiempo constante de 32 minutos. Se logró obtener un margen de tiempo de secado en las muestras independientemente del tipo de suelo, la forma y el peso de 10 minutos hasta 32 minutos. Por tanto, el horno microondas sin reductor de calor es una herramienta que se puede utilizar para el secado de muestras de suelos finos reduciendo notablemente el tiempo, al igual que costos y contaminación del medio ambiente, teniendo en cuenta las recomendaciones de este documento.

## DISCUSIÓN 2

La energía de compactación empleada para la premolienda fue de 2700 KN-m/m<sup>3</sup> en la cual se realizaron 50 golpes en un molde de 4” de diámetro evidenciando que varias partículas ya se fracturaban con ese número de golpes, logrando así obtener una granulometría más fina de la muestra ensayada.

Según (ALCOSER PORRAS, 2020) en su tesis titulado “CONTROL DE LA ENERGÍA ESPECIFICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL PROCESO DE COMPACTACIÓN DE BASES GRANULARES DE PAVIMENTOS URBANOS EN LA LOCALIDAD DE HUANCAYO” indica que La Investigación se enfocó en explicar el efecto produce el control de la energía específica en la optimización de la resistencia del proceso de compactación de bases granulares de Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo, teniendo como objetivo determinar el efecto que produce el Control de la Energía Especifica en la optimización de la resistencia del proceso de compactación de Bases Granulares de Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo. Al momento de evaluar los resultados finales se pudo comprobar la hipótesis general el cual afirma que el control de la Energía Especifica produce efectos significativos en la optimización de la resistencia del Proceso de compactación de Bases Granulares de Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo. El Método de investigación fue el científico-Experimental, el tipo de investigación fue Aplicada, el nivel de investigación fue Explicativo, el diseño de la presente investigación fue Experimental-Cuasi Experimental, la población fue la capa granular de 09 Cuadras de la Av. Orión compuesta por el Tramo: Jr. Boreal-Av. Circunvalación, la muestra fue la capa Granular de 03 Cuadras de la Av. Orión compuesta por el tramo: Jr. Medusa-Jr. Galaxia y se tuvo un tipo de muestreo no probabilístico. En primer lugar se optimizo la resistencia de la Base Granular de 0.20 m del sector 03 correspondiente al Tramo: Jr. Géminis-Jr. Castillo Verde con en el Rodillo Liso Vibratorio de 11,247.00 kg con solo 08 pasadas vibratorias, alcanzando un rendimiento de 96.08 m<sup>3</sup>/h y en segundo lugar se optimizo la resistencia de la Base Granular de 0.20 m del sector 03 correspondiente al del Tramo: Jr. Géminis-Jr. Castillo Verde con en el Rodillo Liso Vibratorio de 12,002.00 kg con solo en 06 pasadas vibratorias alcanzando un rendimiento de 128.10 m<sup>3</sup>/h, en ambos casos se cumplió con los requerimientos de la Norma CE.010 satisfactoriamente, evitando sobre compactación y asentamientos en la Base. El empleo del Análisis de Varianza permitió establecer el comportamiento de los Datos estadísticos como Contenido de Humedades y el Grado de Compactación en Campo, además

de contrastar la Hipótesis nula. Por lo expuesto se concluyó que el control de la energía específica utilizando Rodillos Lisos Vibratorios de Suelos de 11,247 kg y 12,002 kg produce efectos significativos en la optimización de la Resistencia de Bases granulares en Pavimentos Urbanos en la Localidad de Huancayo en función a las Dimensiones Contenido de Humedad y Grado de compactación.

### **DISCUSIÓN 3**

El índice de plasticidad o índice plástico obtenido en los estudios para la investigación, donde se obtuvo como límite líquido fue de 23.80% y como límite plástico 17.384%; obteniendo así un índice de plasticidad de 6.416 lo cual es mayor al mínimo que nos exige las especificaciones técnicas de los materiales del MTC.

Según (LLIQUE MONDRAGÓN, 2013) en su tesis titulada "INFLUENCIA DEL ÍNDICE PLÁSTICO EN EL CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD EN SUELOS ARCILLOSOS" indica que OCON INFANTE, Jaime (2013). Influencia del índice plástico en el contenido óptimo de humedad de suelos arcillosos. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería. Universidad nacional de Cajamarca, páginas 1 al 85. El estudio se ha realizado en suelos arcillosos del distrito de Cajamarca, determinándose la influencia del índice plástico con el contenido óptimo de humedad de suelos arcillosos de alta y baja plasticidad , se inició con la recopilación de información teórica, recopilación de 15 muestras diferentes de suelos arcillosos, ejecución de ensayos de laboratorio de suelos: granulometría, límite líquido, límite plástico, compactación Proctor modificado, clasificación de suelos mediante el sistema AASHTO y SUCS, y finalmente se obtuvo una curva aplicativa entre índice de plasticidad y el contenido óptimo de humedad, y se determinó la relación que hay entre el índice de plasticidad y el contenido óptimo de humedad, observándose que el índice de plasticidad a medida que se incrementa tiene un valor máximo con el cual se obtiene el máximo contenido de humedad óptima ,una vez obtenido el máximo contenido de humedad óptima y a medida que el índice de plasticidad se incrementa el contenido de humedad optima decrece para suelos arcillosos de alta y baja plasticidad.

### **DISCUSIÓN 4**

Como se pudo observar en el estudio, la granulometría después del proceso de premolienda se modificó, debido a que las partículas mayores se fracturaron y por consiguiente se redujo el porcentaje de agregados gruesos y aumento el porcentaje de agregados finos; cambiando la

granulometría de una manera drástica. Pero ello es necesario para poder realizar el ensayo de carburo de calcio y así poder mejorar la confiabilidad de dicho ensayo.

Según (AVILA SARMIENTO, 2018) en sus tesis titulada “ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN SUELOS CAOLÍNICOS USANDO EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO Y UN EQUIPO DE ALTA CONFIABILIDAD” indica que El trabajo de investigación presenta los análisis y ensayos realizados al material caolín Blanco, mostrando la variación que se encuentra, con los ensayos de laboratorio realizados por el hidrómetro convencional versus el equipo pario, con el fin de que este ensayo pueda ser complementado a los laboratorios realizados a los suelos, para la determinación del comportamiento de la curva granulométrica del material analizado. Se realizó la adquisición de un equipo altamente sofisticado, el cual aún no es implementado en ninguna otra universidad del país. Ya que su diseño fue desarrollado en el año 2017 en Estados Unidos. Se realizaron 5 ensayos con el equipo pario y 5 ensayos con el hidrómetro convencional, se analizó una muestra de caolín blanco y se investigaron las características físicas que contiene el caolín. Este ensayo permite establecer parámetros a analizar y que condiciones normalmente presenta para los procesos en los cuales se utiliza este tipo de material. Las muestras se analizaron bajo condiciones de laboratorio, en donde los escenarios del lugar cuentan con control de temperatura y humedad relativa constante, lo que nos permitió tener resultados con condiciones idóneas con menor margen de error.

Se realizó el enfrentamiento entre los ensayos realizados al caolín blanco por los dos métodos. El cual nos permite definir criterios de desigualdad respecto a los resultados obtenidos. Donde se evidencia la precisión que tiene el equipo pario versus el hidrómetro convencional. Finalmente se entregan resultados y procedimientos definidos para la ejecución de los ensayos, realizando los análisis pertinentes de forma individual, por método pario y por hidrómetro convencional, precisando las linealidades más viables para poder realizar un análisis más profundo y llegar a implementar nuevos laboratorios a la rama de suelos en la Universidad Católica De Colombia.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- El tiempo que se demoró para el ensayo fue de 3 a 5 minutos como máximo, en comparación del método de secado en horno que es de 24 horas; teniendo una diferencia abismal en el sentido de rapidez; lo cual es demasiado importante en las diferentes obras donde se requiere conocer el porcentaje de humedad del suelo o material granular de una forma rápida y efectiva; por lo cual es necesario la implementación del proceso de premolienda antes de realizar el ensayo de carburo de calcio con el equipo Speedy en los suelos granulares.
- La granulometría del material se ve afectada debido a la fracturación de los agregados gruesos; obteniendo más agregado de menor dimensiones por lo cual el proceso de premolienda afecta de manera positiva la confiabilidad del ensayo de carburo de calcio en el contenido de humedad obtenido mediante el equipo Speedy; logrando así poder utilizar este método para un ensayo de humedad rápido y con mayor precisión.
- Como bien sabemos el suelo posee materiales granulares y materiales finos; y los materiales granulares contienen partículas gruesas y partículas finas por lo cual para poder obtener un contenido de humedad es necesario tomar estas partes; lo cual el método de carburo de calcio no lo hace; debido a que solo sirve para las partículas que pasen la malla N° 4, obviando así las partículas mayores y que también contienen humedad, siendo así la confiabilidad del método de carburo de calcio menor a las obtenidas mediante el secado en horno.
- Para un mejor resultado de confiabilidad en el método de carburo de calcio es necesario un proceso de premolienda para poder así mejorar en nivel de confiabilidad de dicho método para obtener el porcentaje de humedad de los suelos granulares; debido a ello se hizo el uso de un pisón de energía de compactación conocida como es la del Proctor modificado; el cual tiene un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18

pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (2 700 kN-m/m<sup>3</sup>).

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el proceso de premolienda en suelos granulares, para poder usar el método de carburo de calcio para obtener el contenido de humedad, debido a que el nivel de confiabilidad mejora de manera sustancial en comparación de un suelo granular sin realizar el proceso de premolienda.
- Debido al proceso de premolienda, la granulometría del material se ve afectado por lo cual no se puede volver a usar como material granular, por lo que es recomendable desechar dicho material modificado; para no alterar ninguna parte de la estructura que se está construyendo.
- Para poder realizar el proceso de premolienda, debemos de hacerlo con un equipo normado, o fabricado directamente para ello, debido a que se pueden presentar alteraciones si no lo realizamos de manera controlada; para esta investigación decidimos usar el pisón de 10 libras del equipo Proctor modificado, por si se requiere hacer los cálculos con la energía para romper las partículas.
- Se recomienda usar el método de premolienda en humedades de hasta 14% aproximadamente debido a que en humedades superiores tiende a adherirse al equipo de chancado o compactación; por ello es necesario observar esta característica; y si se pretende usar en diferentes humedades es necesario separar el material grueso del fino para luego volver a mezclarlos y así obtener un mejor resultado del ensayo de humedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOSER PORRAS, M. R. (2020). *CONTROL DE LA ENERGÍA ESPECIFICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL PROCESO DE COMPACTACIÓN DE BASES GRANULARES DE PAVIMENTOS URBANOS EN LA LOCALIDAD DE HUANCAYO*. Huancayo – Perú: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - ESCUELA DE POSGRADO - MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL.

AVILA SARMIENTO, L. G. (2018). *Análisis de la distribución del tamaño de partículas en suelos caolínicos usando el método del hidrómetro y un equipo de alta confiabilidad*. BOGOTÁ - COLOMBIA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA - FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL.

BONILLA ESPINOSA, C. A. (2020). *CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS ATAHUALPA Y AUGUSTO MARTÍNEZ, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

CAMACHO BRAUSENDORFF, F., & COELLO CASSINELLI, J. A. (2013). Diseño y selección de equipos de un sistema de premolienda de Clinker y aditivos para la industria cementera.

CARRASCO DÍAZ, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

CLAVERIANA, P., Triana, D., & Varon, J. (2018). *caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcanico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante*. Universidad Cooperativa de Colombia.

CONDORI QUISPE, B. M. (2019). *EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ELASTOPLÁSTICO DE LOS SUELOS, HUANCAYO EN EL AÑO 2016*. LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL.

CONDORI, Q. B. (2016). *EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ELASTOPLÁSTICO DE LOS SUELOS, HUANCAYO EN EL*

AÑO 2016. LIMA-PERÚ: Universidad Nacional Federico Villareal - ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO.

CORREDOR, F. A. (2011). *Obtención del contenido de humedad en suelos finos, usando horno microondas sin reductor de calor empleando una potencia de 400w*. La Salle, Bogotá: Universidad de La Salle.

DEL CASTILLO MEJIA, H., & RICO RODRIGUEZ, A. (1992). *CONSIDERACIONES SOBRE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE*. Sanfandila, Qro: INSITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE.

Especificaciones Técnicas. (2013). *Manual de Carreteras EG-2013*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

ESTEBAN-NIETO, N. (2018). Tipos de Investigación.

FLORES, K. (2020). Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, san martin-2020. (*tesis de pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, san martin.

GARNICA ANGUAS, P., GOMEZ LOPEZ, J. A., & SESMA MARTINEZ, J. A. (2002). *MECÁNICA DE MATERIALES PARA PAVIMENTOS*. Sanfandila, Qro: INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE.

GONZÁLES CASTELLANOS, R. (2003). *Metodología de la Investigación Científica para las ciencias Técnicas*. Cuba: Universidad de Mantanzas.

HURTADO, e. (2020). *Uso de cenizas de rastrojos de maíz en las propiedades físicas mecánicas de suelos arcillosos en la carretera Pasacancha-Andamayo-Ancash 2020*. Universidad cesar vallejo, andamayo, Ancash.

LEÓN QUIROZ, J. J. (2021). *INFLUENCIA DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN EN LA DENSIDAD SECA MÁXIMA Y CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA AGOCUCHO, CAJAMARCA – 2017*. CAJAMARCA: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.

LLIQUE MONDRAGÓN, R. H. (2013). *INFLUENCIA DEL INDICE PLÁSTICO EN EL CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD EN SUELOS ARCILLOSOS*. CAJAMARCA-

PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA - FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

LOPEZ, J., & ORTIZ, G. (2018). Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización san luis de la ciudad de Abancay. *tesis de pregrado*. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay.

MORALES, F. (2018). Conozca 3 Tipos de Investigación:descriptiva,explorativa y explicativa. *11*.

MTC. (2014). *manual de carreteras,suelos,geologia,geotecnia y pavimentos*. Macro.

PARDO MORENO, O. J. (2021). *INFLUENCIA DE LOS CAMBIOS DEL CONTENIDO DE AGUA EN LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN MATERIAL GRANULAR INTERMEDIO COMPACTADO*. BOGOTÁ D.C.: UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSE DE CALDAS".

PEREZ, R., & CAÑAR, E. (2017). *Analisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. Universidad Tecnica de Ambato de Ecuador.

QUISPE, w. (2020). Estabilización de subrasante de vias en suelos expansivos con cloruro de sodio. *Tesis*. Universidad Continental, junin.

RODRIGUEZ GOMEZ, D., & VALLDEORIOLA ROQUET, J. (2014). *Metodología de la investigación*. Catalunya: UOC.

SAMPIERI-HERNANDEZ, R., Torres, C. P., & et.al. (2014). *Metodologia de la Investigación*. McGrawhill.

SOTO TARAZONA, R. A. (2021). *CONFIGURACIÓN DEL CIRCUITO DE MOLIENDA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN-UNIDAD CERRO S.A.C.* . HUANCAYO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.

VALLE, E. Y. (2012). Metodología de Investigación.

VAZQUEZ, J. (2013). *COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DENSIDAD DE CAMPO POR LOS MÉTODOS CONO Y ARENA, VOLUMÉTRICO Y DENSÍMETRO NUCLEAR*. QUITO – ECUADOR: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR,

FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA, CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

VEGA-MAGALÓN, G. a. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *10*(5).

ZARATE, C., CARBAJAL, Y., VELASQUEZ, R., FIGUEREDO, C., & ROBLES, H. (2017). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION*. LIMA: USMP.

## **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODO
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es el efecto de la implementación de la premolienda de muestras de material granular en el contenido de humedad obtenido con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar cuál es el efecto de la implementación de la premolienda de muestras de material granular en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La implementación de premolienda de muestras de material granular mejora los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.</p>	<p>VI: Procesos de premolienda.</p>	<p>D1: tamaño de partícula</p>	<p>I1: P #1/2"</p> <p>I2: P #4</p> <p>I3: P #20</p> <p>I4: P #200</p>	<p><b>Método:</b> Científico, según Zarate et al (2017) proponen que debemos cumplir tres etapas: La primera consiste en examinar hechos más relevantes, la segunda etapa es identificar las hipótesis y la tercera etapa es de concluir estas hipótesis.</p> <p>Tipo: Aplicada, Para Málaga et al (2008) consideran que la investigación tipo aplicada se refiere en desarrollar una nueva innovación tecnológica partiendo de conocimientos ya adquiridos a través del tiempo</p> <p><b>Nivel de estudio:</b> Explicativa: Para Jiménez (1998) considera al nivel explicativo al que parte de incógnitas bien identificadas para los cuales es de importancia saber las relaciones entre causa y efecto.</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental, Según Serrano et al (2018) Considera que el diseño experimental consiste que el interesado en la investigación opera una o más variables del estudio a voluntad.</p>
<p>PROBLEMA ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el efecto de la variación de la dosificación y tiempo de mezcla del carburo de calcio en los resultados de contenido de humedad de suelos obtenidos con el método in situ del Speedy, Huancayo 2023?</li> <li>¿Cuál es el efecto de la granulometría del suelo en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo?</li> </ul>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el efecto de la variación de la dosificación y tiempo de mezcla del carburo de calcio en los resultados de contenido de humedad de suelos obtenidos con el método in situ del Speedy, Huancayo 2023.</li> <li>Determinar cuál es el efecto de la granulometría del suelo en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo.</li> </ul>	<p>HIPOTESIS ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La Dosificación y tiempo de mezcla del carburo de calcio afecta los resultados de contenido de humedad de suelos obtenidos con el método in situ del Speedy, Huancayo 2023.</li> <li>La granulometría del suelo afecta los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo .</li> </ul>		<p>VD: • nivel de confiabilidad de los resultados de contenido de humedad</p>	<p>D2: Tiempo de mezcla</p> <p>D3: Dosificación y tiempo de mezcla</p> <p>D1: Contenido de humedad</p> <p>Granulometría del suelo sin moler.</p>	

<p>• ¿Cuál es el efecto cambio de la granulometría por la implementación de procesos de premolienda de muestras de material granular en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023?</p>	<p>• Determinar cuál es el efecto cambio de la granulometría por la implementación de procesos de premolienda de muestras de material granular en los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.</p>	<p>• El cambio de la granulometría por la implementación de procesos de premolienda de muestras de material granular mejora los resultados de contenido de humedad obtenidos con el método in situ de carburo de calcio, Huancayo 2023.</p>		<p>D2: Contenido de humedad Granulometría del suelo con premolienda</p>	<p><b>I1:</b> Desviación estándar <b>I2:</b> Nivel de confianza</p>	<p><b>Muestreo:</b> tipo no probabilístico debido que la elección será del investigador, se eligió la cantera de material granular de Pilcomayo. <b>Técnica:</b> Para Arias (2012) señala que la observación directa es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos.</p>
---	---	---	--	---	---	--

# CERTIFICADOS DE ENSAYO

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO



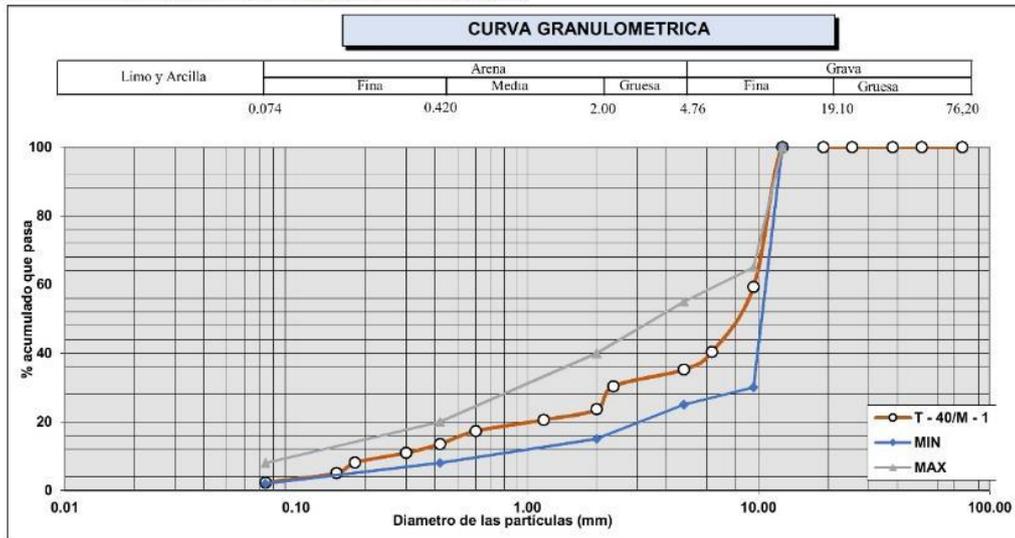
TEMA DE INVESTIGACION N°: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material: Material Granular  
 Muestra: M-01  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha  
 Ubicación (Km.): -  
 Certificado: Lab. Coldfix Consulting  
 Hecho por: MGM  
 Revisado por: BYG  
 Fecha: 02/02/2022

### ENSAYO DE GRANULOMETRIA MATERIAL > N° 4

Muestra	M-1		M-1		HUSO GRADACION		
	Profundidad (m)	ACOPIO	(m)	0,00 - 0,50	LIM INF	LIM SUP	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	
	N°	Abertura (mm)					
	3"	76.200				100.00	
	2"	50.800				100.00	
	1 1/2"	38.100				100.00	
	1"	25.400	0.0			100.00	
	3/4"	19.100	0.0	-	-	100.00	
	1/2"	12.700	0.0	-	-	100.00	100
	3/8"	9.525	852.4	40.72	40.72	59.28	30
	1/4"	6.300	396.0	18.92	59.64	40.36	65
	N° 4	4.760	108.0	5.16	64.79	35.21	25
	N° 8	2.360	102.0	4.87	69.67	30.33	55
	N° 10	2.000	140.0	6.69	76.35	23.65	15
	N° 16	1.180	65.0	3.10	79.46	20.54	40
	N° 30	0.600	68.0	3.25	82.71	17.29	20
	N° 40	0.420	79.0	3.77	86.48	13.52	8
	N° 50	0.300	54.0	2.58	89.06	10.94	
	N° 80	0.180	59.0	2.82	91.88	8.12	
	N° 100	0.150	64.0	3.06	94.94	5.06	
	N° 200	0.074	58.0	2.77	97.71	2.29	2
FONDO	0.000	48.0	2.29	100.00	-	8	
TOTAL		2093.4					

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL			3200.00
% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S	%HUMEDAD
	3384.00	3200.00	5.75%



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**

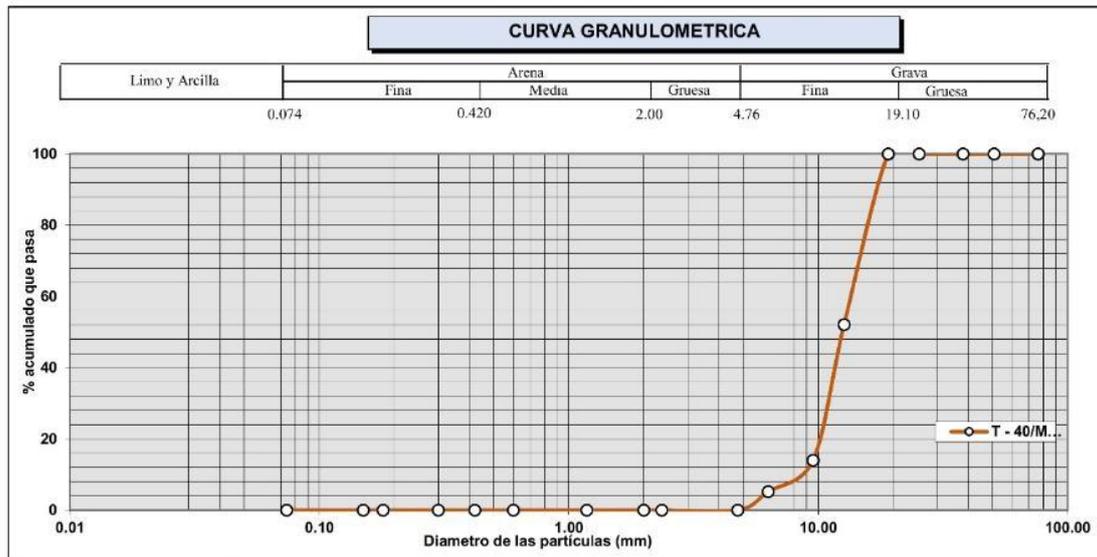


TEMA DE INVESTIGACIÓN N: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material: Material Granular      Certificado: Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra: M-01      Hecho por: MGM  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha      Revisado por: BVG  
 Ubicación (Km.): -      Fecha: 02/02/2022

**ENSAYO DE GRANULOMETRÍA MATERIAL > N° 4**

Muestra	M-1		M-1		M-1	
Profundidad (m)	ACOPIO		(m)		0,00 - 0,50	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		peso retenido	% retenido parcial	%retenido acumulado	% que pasa
	N°	Abertura (mm)				
	3"	76.200				100.00
	2"	50.800				100.00
	1 1/2"	38.100				100.00
	1"	25.400	0.0			100.00
	3/4"	19.100	0.0	-	-	100.00
	1/2"	12.700	1024.1	47.90	47.90	52.10
	3/8"	9.525	815.2	38.13	86.03	13.97
	1/4"	6.300	187.3	8.76	94.79	5.21
	N° 4	4.760	111.4	5.21	100.00	-
	N° 8	2.360	0.0	-	100.00	-
	N° 10	2.000	0.0	-	100.00	-
	N° 16	1.180	0.0	-	100.00	-
	N° 30	0.600	0.0	-	100.00	-
	N° 40	0.420	0.0	-	100.00	-
	N° 50	0.300	0.0	-	100.00	-
	N° 80	0.180	0.0	-	100.00	-
	N° 100	0.150	0.0	-	100.00	-
N° 200	0.074	0.0	-	100.00	-	
<b>TOTAL</b>		<b>2138.0</b>				



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**



TEMA DE INVESTIGACION N°: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

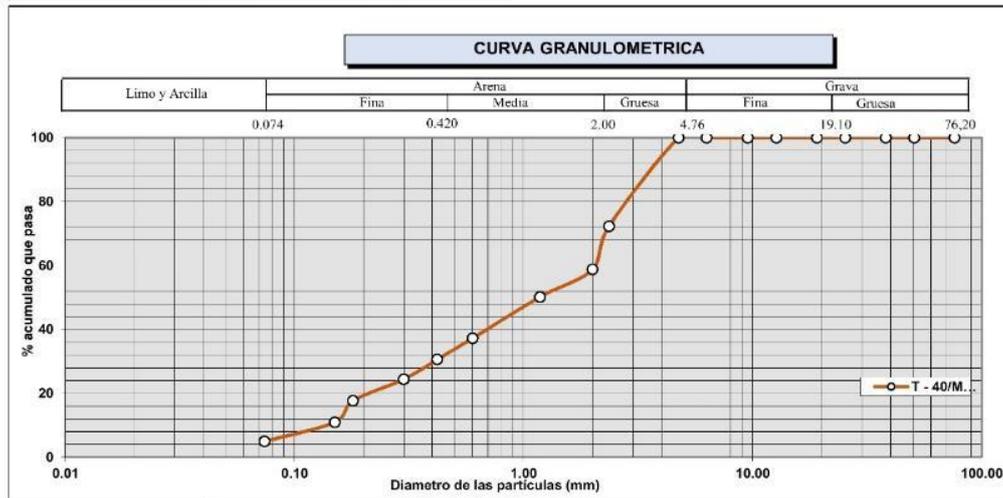
Material: Material Granular      Certificado: Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra: M-01      Hecho por: MGM  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha      Revisado por: BVG  
 Ubicación (Km.): -      Fecha: 02/02/2022

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA MATERIAL < N° 4**

Muestra	: M-1				: M-1	
Profundidad (m)	ACOPIO			(m)	0,00 - 0,50	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		peso retenido	% retenido parcial	%retenido acumulado	% que pasa
	N°	Abertura (mm)				
	3"	76.200				100.00
	2"	50.800				100.00
	1 1/2"	38.100				100.00
	1"	25.400	0.0			100.00
	3/4"	19.100	0.0	-	-	100.00
	1/2"	12.700	0.0	-	-	100.00
	3/8"	9.525	0.0	-	-	100.00
	1/4"	6.300	0.0	-	-	100.00
	N° 4	4.760	0.0	-	-	100.00
	N° 8	2.360	338.4	27.75	27.75	72.25
	N° 10	2.000	164.0	13.45	41.20	58.80
	N° 16	1.180	105.7	8.67	49.87	50.13
	N° 30	0.600	157.2	12.89	62.77	37.23
	N° 40	0.420	81.2	6.66	69.43	30.57
	N° 50	0.300	75.4	6.18	75.61	24.39
	N° 80	0.180	82.4	6.76	82.37	17.63
	N° 100	0.150	81.7	6.70	89.07	10.93
	N° 200	0.074	73.5	6.03	95.10	4.90
< N° 200	FONDO	59.8	4.90	100.00	-	
	TOTAL	1219.3				

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL	904.80		
PESO LAVADO	798.50		
% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S	%HUMEDAD
	945.10	904.80	4.5%
MALLA 200	P.S.Seco	P.S.Lavado	
	904.80	798.50	

Modulo de finura		3.05	
% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	
	AM%	69.43	
	AF%	25.67	
% Finos		4.90	



*Juan Ernesto Tajada Diaz*  
 Juan Ernesto Tajada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



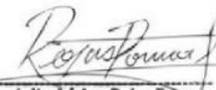
TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material : Material Granular      Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra : M-01      Hecho por : MGM  
 Cantera : Pilcomayo Margen derecha      Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) : -      Fecha : 02/02/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5	
		PESO DE TARRO	grs	73.20	74.00	73.10	73.30	73.20
	PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	854.60	832.20	865.80	847.90	842.80	
	PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	824.20	792.50	812.40	804.10	791.80	
	PESO DEL AGUA	grs	30.40	39.70	53.40	43.80	51.00	
	PESO DEL SUELO SECO	grs	751.00	718.50	739.30	730.80	718.60	
	% HUMEDAD	%	4.05	5.53	7.22	5.99	7.10	
	PROMEDIO	%	5.977					

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



**TEMA DE** "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA  
**INVESTIGACION:** MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL  
MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

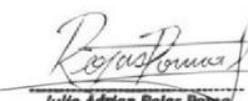
<b>Material</b>	<i>Material Granular</i>	<b>Certificado</b>	: Lab. Coldfix Consulting
<b>Muestra</b>	<i>M-01</i>	<b>Hecho por</b>	: MGM
<b>Cantera</b>	<i>Pilcomayo Margen derecha</i>	<b>Revisado por</b>	: BVG
<b>Ubicación (Km.)</b>	-	<b>Fecha</b>	02/02/2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	5.977
--------------------------------	---	-------

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	181.00	180.00	180.00	180.00
	LECTURA DE DIAL		5.02	5.01	4.98	5.03	5.11
	% HUMEDAD	%	5.02	5.07	4.98	5.03	5.11
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.96	0.91	1.00	0.95	0.87
	CONFIABILIDAD	%	83.99	84.83	83.32	84.16	85.49
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	5.042				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	84.36				

  
**Juan Ernesto Tejeda Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE INVESTIGACION: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material: Material Granular  
 Muestra: M-01  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha  
 Ubicación (Km.): -  
 Certifica: Lab. Coldfix Consulting  
 Hecho p.: MGM  
 Revisado: BVG  
 Fecha: 02/02/2022

ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (MTC E 223)

		PARTICULAS CHATAS						
		MUESTRA 1						
		Abertura	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20		
MUESTRA(g)	3000	Tamiz <1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"		
		Peso que pasa	6	33	780	2040	0	
		Porcentaje no chatas	0.2%	1.1%	26.0%	68.0%	0.0%	
		Peso retenido	0	15	51	75	0	TOTAL
		Porcentaje chatas	0.0%	0.5%	1.7%	2.5%	0.0%	4.7%

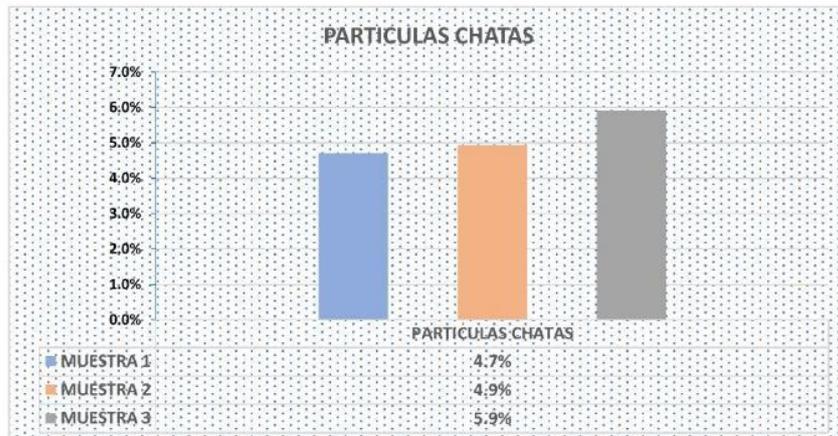
		MUESTRA 2						
		Abertura	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20		
MUESTRA(g)	3000	Tamiz <1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"		
		Peso que pasa	13	58	750	2031	0	
		Porcentaje no chatas	0.4%	1.9%	25.0%	67.7%	0.0%	
		Peso retenido	7	18	81	42	0	TOTAL
		Porcentaje chatas	0.2%	0.6%	2.7%	1.4%	0.0%	4.9%

		MUESTRA 3						
		Abertura	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20		
MUESTRA(g)	3000	Tamiz <1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"		
		Peso que pasa	8	52	753	2010	0	
		Porcentaje no chatas	0.3%	1.7%	25.1%	67.0%	0.0%	
		Peso retenido	6	15	84	72	0	TOTAL
		Porcentaje chatas	0.2%	0.5%	2.8%	2.4%	0.0%	5.9%

PROMEDIO
5.2%

*Juan Ernesto Tejeda Diaz*  
 Juan Ernesto Tejeda Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





TEMA DE INVESTIGACION: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material: Material Granular      Certifica: Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra: M-01      Hecho p.: MGM  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha      Revisado: BVG  
 Ubicación (Km.): -      Fecha: 02/02/2022

ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (MTC E 223)

		PARTICULAS ALARGADAS						
		MUESTRA 1						
MUESTRA(g)	3000	Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
		Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	7	58	604	2125	0	
		Porcentaje no alargadas	0.2%	1.9%	20.1%	70.8%	0.0%	
		Peso retenido	0	0	56	150	0	TOTAL
		Porcentaje alargadas	0.0%	0.0%	1.9%	5.0%	0.0%	6.9%

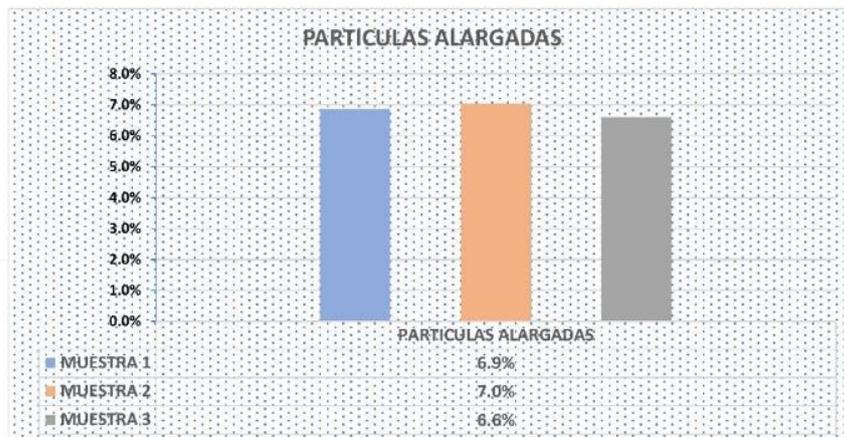
		MUESTRA 2						
MUESTRA(g)	3000	Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
		Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	9	51	732	1997	0	
		Porcentaje no alargadas	0.3%	1.7%	24.4%	66.6%	0.0%	
		Peso retenido	5	31	95	80	0	TOTAL
		Porcentaje alargadas	0.2%	1.0%	3.2%	2.7%	0.0%	7.0%

		MUESTRA 3						
MUESTRA(g)	3000	Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
		Tamiz	<1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	
		Peso que pasa	7	45	661	2089	0	
		Porcentaje no alargadas	0.2%	1.5%	22.0%	69.6%	0.0%	
		Peso retenido	6	22	83	87	0	TOTAL
		Porcentaje alargadas	0.2%	0.7%	2.8%	2.9%	0.0%	6.6%

PROMEDIO
6.8%

*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





TEMA DE INVESTIGACION: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material: Material Granular      Certificado : Lab. Goldfix Consulting  
 Muestra: M-01      Hecho por : MGM  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha      Revisado p.: BVG  
 Ubicación (Km.): -      Fecha: 02/02/2022

ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS  
(MTC E 210)

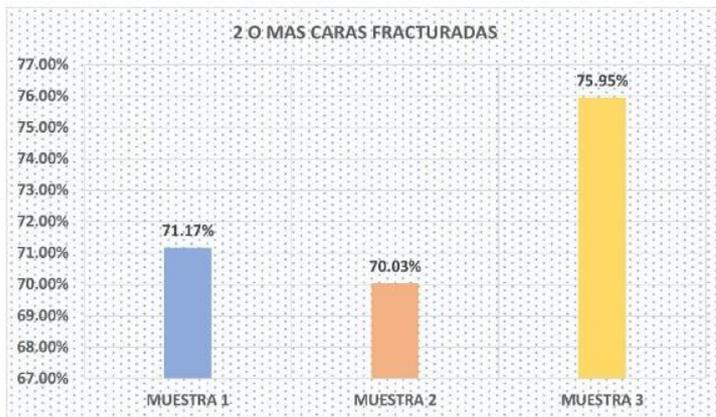
MUESTRA	PESO RET(gr)	PESO REDONDEADAS (gr)	1 CARA FRACTURADA (gr)	2 O MAS CARAS FRACTURADAS (gr)	% 1 CARA FRACTURADA	% 2 O MAS CARAS FRACTURADAS
MUESTRA 1	652	56	596	464	91.41%	71.17%
MUESTRA 2	634	48	586	444	92.43%	70.03%
MUESTRA 3	632	62	570	480	90.19%	75.95%

PROMEDIO	91.34%	72.38%
----------	--------	--------

*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.





TEMA DE INVESTIGACION: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material: Material Granular  
 Muestra: M-01  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha  
 Ubicación (Km.): -  
 Certificado: Lab. Coldfix Consulting  
 Hecho por: MGM  
 Revisado p: BVG  
 Fecha: 02/02/2022

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS (MTC E 206)

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION				
	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
MUESTRA DE ENSAYO MINIMO (3/4)	gr	3000	3000	3000
PESO DE MUESTRA SECA - A	gr	3200	3190	3180
PESO SSSECO (SUMERGIDO) B	gr	3234	3225	3214
PESO MUESTRA EN EL AGUA C	gr	2048	2040	2045
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3	2.698	2.692	2.720
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3	2.727	2.722	2.749
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3	2.778	2.774	2.802
ABSORCIÓN	%	1.063%	1.097%	1.069%
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3	2.703		
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3	2.733		
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3	2.784		
ABSORCIÓN	%	1.076%		



Peso Especifico:

a) Peso Especifico de masa (Pem)

$$P_{em} = \frac{A}{(B-C)} \times 100$$

Donde:

- A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos;
- B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos;
- C = Peso en el agua de la muestra saturada.

b) Peso especifico de masa saturada con superficie seca (Pesss)

$$P_{esss} = \frac{B}{(B-C)} \times 100$$

c) Peso especifico aparente (Pea)

$$P_{ea} = \frac{A}{(A-C)} \times 100$$

Absorción (As)

$$A_s (\%) = \frac{(B-A)}{A} \times 100$$

Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE INVESTIGACIÓN: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material: Material Granular  
 Muestra: M-01  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha  
 Ubicación (Km.): -  
 Certificado: Lab. Coldfix Consulting  
 Hecho por: MGM  
 Revisado p.: BVG  
 Fecha: 02/02/2022

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS (MTC E 205)

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN				
	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
PESO DE LA MUESTRA SSS	gr	500	500	500
PESO DE LA TARA	gr	93.0	104.0	97.0
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA	gr	591.5	602.1	595.3
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	489.5	490.0	489.0
VOLUMEN DEL FRASCO	cm3	500	500	500
VOLUMEN AGUA AÑADIDA	cm3	316	318	315
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3	2.660	2.692	2.643
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3	2.717	2.747	2.703
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3	2.821	2.849	2.810
ABSORCIÓN	%	2.145%	2.041%	2.249%
PESO ESPECIFICO DE MASA Pem	gr/cm3		2.665	
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA Pesss	gr/cm3		2.722	
PESO ESPECIFICO APARENTE Pea	gr/cm3		2.827	
ABSORCIÓN	%		2.145%	



Peso específico de masa ( $Pe_m$ ):

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

- $Pe_m$  = Peso específico de masa
- $W_0$  = Peso en el aire de la muestra seca en el horno, g;
- $V$  = Volumen del frasco en  $cm^3$
- $V_a$  = Peso en gramos o volumen en  $cm^3$  de agua añadida al frasco.

Peso específico de masa saturado con superficie seca ( $Pe_{sss}$ )

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100 \quad (2)$$

Peso específico aparente ( $Pe_a$ )

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100 \quad (3)$$

Absorción ( $Ab$ )

$$Ab = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (4)$$

*Juan Ernesto Tejeda Diaz*  
 Juan Ernesto Tejeda Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



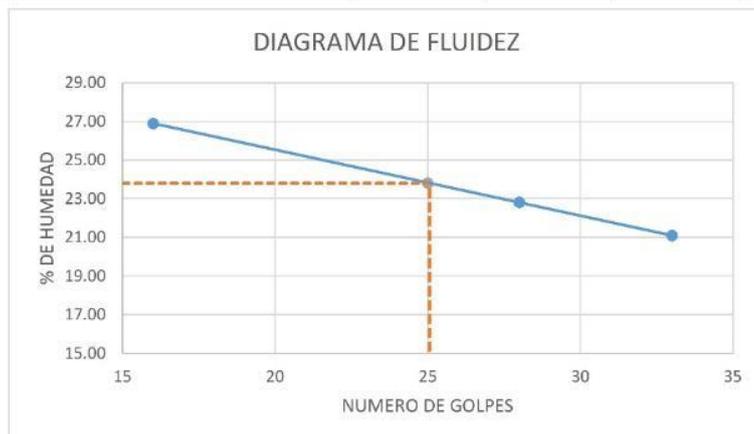
TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material : Material Granular      Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra : M-01      Hecho por : MGM  
 Cantera : Pilcomayo Margen derecha      Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) : -      Fecha : 02/02/2022

INDICE DE PLASTICIDAD

LIMITE PLASTICO ASTM D 4318	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE TARRO	grs	21.95	21.64	21.87	21.34	21.42
	PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	32.42	36.45	34.21	35.24	31.68
	PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	30.94	34.21	32.30	33.20	30.18
	PESO DEL AGUA	grs	1.48	2.24	1.91	2.04	1.50
	PESO DEL SUELO SECO	grs	8.99	12.57	10.43	11.86	8.76
	% HUMEDAD	%	16.46	17.82	18.31	17.20	17.12
	PROMEDIO	%	17.384				

LIMITE LIQUIDO ASTM D 4318	MUESTRA	UND	1	2	3
	PESO DE TARRO	grs	21.95	21.64	21.87
	PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	43.42	46.25	44.54
	PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	38.87	41.68	40.59
	PESO DEL AGUA	grs	4.55	4.57	3.95
	PESO DEL SUELO SECO	grs	16.92	20.04	18.72
	% HUMEDAD	%	26.89	22.80	21.10
	NUMERO DE GOLPES		16	28	33



Limite Liquido (%)	23.800
Limite Plastico (%)	17.384
Indice de Plasticidad	6.416

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE INVESTIGACION: "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBUO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

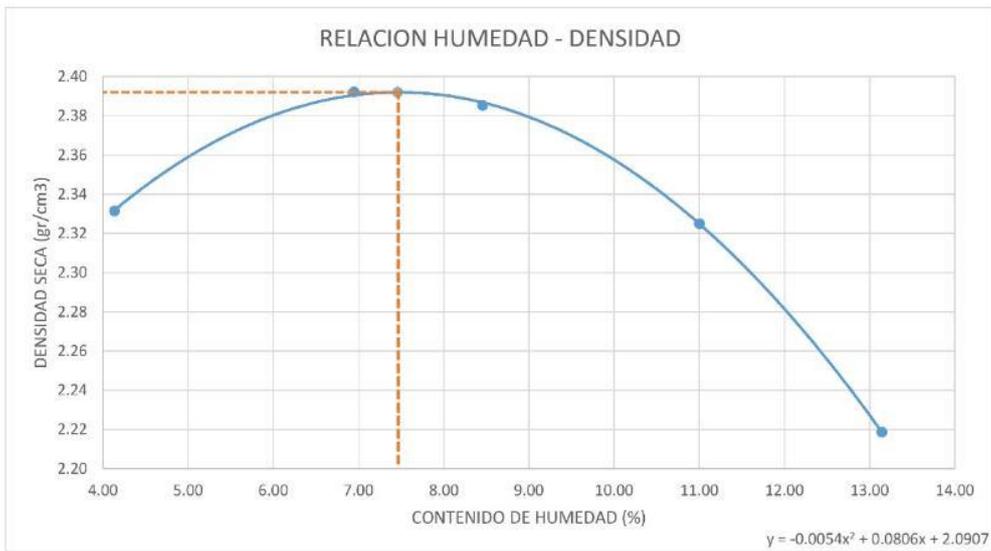
Material: Material Granular  
 Muestra: M-01  
 Cantera: Pilcomayo Margen derecha  
 Ubicación (Km.): -

Certificado: Lab. Coldfix Consulting  
 Hecho por: MGM  
 Revisado por: BVG  
 Fecha: 02/02/2022

PROCTOR MODIFICADO

METODO DE COMPACTACION: C  
 NUMERO DE GOLPES: 56  
 NUMERO DE CAPAS: 5

PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 / AASHTO T- 180 / ASTM D 1557	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DEL SUELO + MOLDE	grs	11706.00	11978.00	12038.00	12025.00
	PESO DEL MOLDE	grs	6640.00	6640.00	6640.00	6640.00	6640.00
	PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO	grs	5066.00	5338.00	5398.00	5385.00	5238.00
	DIAMETRO DEL MOLDE	cm	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09
	ALTURA DEL MOLDE	cm	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68
	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2086.59	2086.59	2086.59	2086.59	2086.59
	PESO VOLUMETRICO HUMEDO	grs/cm3	2.43	2.56	2.59	2.58	2.51
	PESO DEL SUELO HUMEDO + TARRO	grs	122.70	138.96	124.24	133.56	132.45
	PESO DEL SUELO SECO + TARRO	grs	118.72	131.38	115.92	122.44	119.65
	PESO DEL TARRO	grs	22.45	22.23	17.54	21.38	22.25
	PESO DEL AGUA	grs	3.98	7.58	8.32	11.12	12.80
	PESO DEL SUELO SECO	grs	96.27	109.15	98.38	101.06	97.40
	% HUMEDAD	%	4.13	6.94	8.46	11.00	13.14
	PESO VOLUMETRICO SECO	grs/cm3	2.33	2.39	2.39	2.32	2.22



Densidad Máxima	2.392
Humedad Óptima	7.460

*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

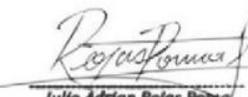
Material Material Granular Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra M-01 Hecho por : MGM  
 Cantera Pilcomayo Margen derecha Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) - Fecha

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 2% SIN PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	2.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1500.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	30.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	178.00	168.00	160.00	170.00
	LECTURA DE DIAL		1.74	1.57	1.67	1.66	1.72
	% HUMEDAD	%	1.74	1.57	1.67	1.66	1.72
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.26	0.43	0.33	0.34	0.28
	CONFIABILIDAD	%	87.00	78.50	83.50	83.00	86.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	1.672				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	83.60				

  
 Juan Ernesto Tejeda Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

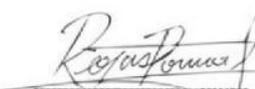
Material : Material Granular      Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra : M-01      Hecho por : MGM  
 Cantera : Pilcomayo Margen derecha      Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) : -      Fecha :

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 4% SIN PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	4.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1550.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	62.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	178.00	184.00	179.00	180.00
	LECTURA DE DIAL		3.27	3.23	3.34	3.42	3.28
	% HUMEDAD	%	3.27	3.23	3.34	3.42	3.28
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.73	0.77	0.66	0.58	0.72
	CONFIABILIDAD	%	81.75	80.75	83.50	85.50	82.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	3.308				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	82.70				

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

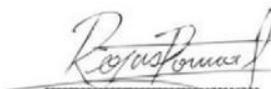
<b>Material</b>	<i>Material Granular</i>	<b>Certificado</b>	: <i>Lab. Coldfix Consulting</i>
<b>Muestra</b>	<i>M-01</i>	<b>Hecho por</b>	: <i>MGM</i>
<b>Cantera</b>	<i>Pilcomayo Margen derecha</i>	<b>Revisado por</b>	: <i>BVG</i>
<b>Ubicación (Km.)</b>	-	<b>Fecha</b>	

**CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 6% SIN PRE MOLIENDA**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	6.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1400.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	84.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	179.00	181.00	180.00	178.00	182.00
	LECTURA DE DIAL		5.01	4.98	4.89	4.97	4.91
	% HUMEDAD	%	5.01	4.98	4.89	4.97	4.91
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.99	1.02	1.11	1.03	1.09
	CONFIABILIDAD	%	83.50	83.00	81.50	82.83	81.83
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	4.952				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	82.53				

  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

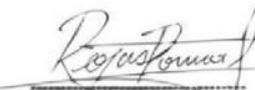
<b>Material</b>	<i>Material Granular</i>	<b>Certificado</b>	: <i>Lab. Coldfix Consulting</i>
<b>Muestra</b>	<i>M-01</i>	<b>Hecho por</b>	: <i>MGM</i>
<b>Cantera</b>	<i>Pilcomayo Margen derecha</i>	<b>Revisado por</b>	: <i>BVG</i>
<b>Ubicación (Km.)</b>	-	<b>Fecha</b>	

**CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 8% SIN PRE MOLIENDA**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	8.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1497.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	119.8

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	179.00	180.00	181.00	180.00
	LECTURA DE DIAL		6.50	6.44	6.41	6.45	6.30
	% HUMEDAD	%	6.50	6.44	6.41	6.45	6.40
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.50	1.56	1.59	1.55	1.60
	CONFIABILIDAD	%	81.25	80.50	80.13	80.63	80.00
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.440				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	80.50				

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**



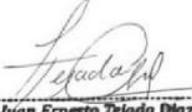
TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

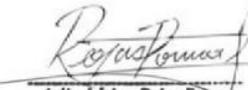
<b>Material</b>	<i>Material Granular</i>	<b>Certificado</b>	: <i>Lab. Coldfix Consulting</i>
<b>Muestra</b>	<i>M-01</i>	<b>Hecho por</b>	: <i>MGM</i>
<b>Cantera</b>	<i>Pilcomayo Margen derecha</i>	<b>Revisado por</b>	: <i>BVG</i>
<b>Ubicación (Km.)</b>	-	<b>Fecha</b>	

**CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 10% SIN PRE MOLIENDA**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	10.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1570.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	157.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	182.00	181.00	184.00	183.00
	LECTURA DE DIAL		7.98	7.85	7.95	8.01	8.02
	% HUMEDAD	%	7.98	7.85	7.95	8.01	8.02
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	2.02	2.15	2.05	1.99	1.98
	CONFIABILIDAD	%	79.80	78.50	79.50	80.10	80.20
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	7.962				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	79.62				

  
**Juan Ernesto Tejeda Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



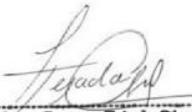
TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

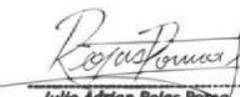
Material : Material Granular      Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra : M-01      Hecho por : MGM  
 Cantera : Pilcomayo Margen derecha      Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) : -      Fecha :

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 12% SIN PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	12.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1560.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	187.2

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	184.00	182.00	187.00	186.00	182.00	182.00
LECTURA DE DIAL		9.49	9.58	9.55	9.54	9.52	9.52
% HUMEDAD	%	9.49	9.58	9.55	9.54	9.52	9.52
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	2.51	2.42	2.45	2.46	2.48	2.48
CONFIABILIDAD	%	79.08	79.83	79.58	79.50	79.33	79.33
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	9.536					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	79.47					

  
 Juan Ernesto Tejeda Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



**TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"**

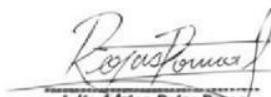
<b>Material</b>	<i>Material Granular</i>	<b>Certificado</b>	: <i>Lab. Coldfix Consulting</i>
<b>Muestra</b>	<i>M-01</i>	<b>Hecho por</b>	: <i>MGM</i>
<b>Cantera</b>	<i>Pilcomayo Margen derecha</i>	<b>Revisado por</b>	: <i>BVG</i>
<b>Ubicación (Km.)</b>	-	<b>Fecha</b>	

**CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 14% SIN PRE MOLIENDA**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	14.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1670.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	233.8

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	185.00	184.00	186.00	184.00	185.00
	LECTURA DE DIAL		11.20	11.28	11.25	11.24	11.21
	% HUMEDAD	%	11.20	11.28	11.25	11.24	11.21
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	2.80	2.72	2.75	2.76	2.79
	CONFIABILIDAD	%	80.00	80.57	80.36	80.29	80.07
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	11.236				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	80.26				

  
**Juan Ernesto Tejeda Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

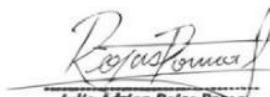
Material : Material Granular      Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra : M-01      Hecho por : MGM  
 Cantera : Pilcomayo Margen derecha      Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) : -      Fecha :

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 7.46% SIN PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	7.46
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1550.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	115.6

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	179.00	181.00	181.00	180.00	180.00
LECTURA DE DIAL		6.03	6.09	6.08	6.07	6.02	6.02
% HUMEDAD	%	6.03	6.09	6.08	6.07	6.02	6.02
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.43	1.37	1.38	1.39	1.44	1.44
CONFIABILIDAD	%	80.83	81.64	81.50	81.37	80.70	80.70
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.058					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	81.21					

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

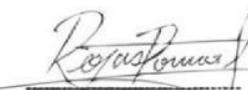
Material Material Granular Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra M-01 Hecho por : MGM  
 Cantera Pilcomayo Margen derecha Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) - Fecha

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 2% CON PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	2.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1550.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	31.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	180.00	183.00	168.00	170.00	
LECTURA DE DIAL		1.78	1.81	1.82	1.79	1.79	
% HUMEDAD	%	1.78	1.81	1.82	1.79	1.79	
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.22	0.19	0.18	0.21	0.21	
CONFIABILIDAD	%	89.00	90.50	91.00	89.50	89.50	
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	1.798					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	89.90					

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material : Material Granular      Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra : M-01      Hecho por : MGM  
 Cantera : Pilcomayo Margen derecha      Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) : -      Fecha :

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 4% CON PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	4.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1450.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	58.0

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	179.00	180.00	178.00	177.00	181.00
	LECTURA DE DIAL		3.61	3.58	3.55	3.64	3.49
	% HUMEDAD	%	3.61	3.58	3.55	3.64	3.49
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.39	0.42	0.45	0.36	0.51
	CONFIABILIDAD	%	90.25	89.50	88.75	91.00	87.25
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	3.574				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	89.35				

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**



**TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"**

<b>Material</b>	<i>Material Granular</i>	<b>Certificado</b>	: <i>Lab. Coldfix Consulting</i>
<b>Muestra</b>	<i>M-01</i>	<b>Hecho por</b>	: <i>MGM</i>
<b>Cantera</b>	<i>Pilcomayo Margen derecha</i>	<b>Revisado por</b>	: <i>BVG</i>
<b>Ubicación (Km.)</b>	-	<b>Fecha</b>	

**CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 6% CON PRE MOLIENDA**

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	6.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1490.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	89.4

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	181.00	180.00	182.00	179.00	183.00	183.00
LECTURA DE DIAL		5.31	5.29	5.34	5.41	5.30	5.30
% HUMEDAD	%	5.31	5.29	5.34	5.41	5.30	5.30
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.69	0.71	0.66	0.59	0.70	0.70
CONFIABILIDAD	%	88.50	88.17	89.00	90.17	88.33	88.33
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	5.330					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.83					

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

Material : Material Granular Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra : M-01 Hecho por : MGM  
 Cantera : Pilcomayo Margen derecha Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) : - Fecha

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 8% CON PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	8.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1558.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	124.6

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	181.00	180.00	182.00	179.00	
LECTURA DE DIAL		7.12	7.11	7.05	7.06	7.10	
% HUMEDAD	%	7.12	7.11	7.05	7.06	7.10	
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.88	0.89	0.95	0.94	0.90	
CONFIABILIDAD	%	89.00	88.88	88.13	88.25	88.75	
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	7.088					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.60					

  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

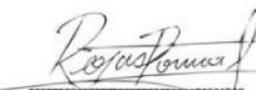
Material Material Granular Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra M-01 Hecho por : MGM  
 Cantera Pilcomayo Margen derecha Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) - Fecha

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 10% CON PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	10.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1565.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	156.5

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	181.00	183.00	182.00	180.00	184.00	184.00
LECTURA DE DIAL		8.89	8.84	8.87	8.78	8.81	8.81
% HUMEDAD	%	8.89	8.84	8.87	8.78	8.81	8.81
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.11	1.16	1.13	1.22	1.19	1.19
CONFIABILIDAD	%	88.90	88.40	88.70	87.80	88.10	88.10
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	8.838					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.38					

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



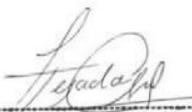
TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

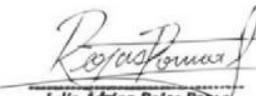
Material Material Granular Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra M-01 Hecho por : MGM  
 Cantera Pilcomayo Margen derecha Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) - Fecha

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 12% CON PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	12.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1570.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	188.4

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
	PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
TIEMPO DE MEZCLA	seg	180.00	184.00	182.00	186.00	184.00	184.00
LECTURA DE DIAL		10.58	10.56	10.59	10.64	10.62	10.62
% HUMEDAD	%	10.58	10.56	10.59	10.64	10.62	10.62
VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.42	1.44	1.41	1.36	1.38	1.38
CONFIABILIDAD	%	88.17	88.00	88.25	88.67	88.50	88.50
PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	10.598					
PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.32					

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

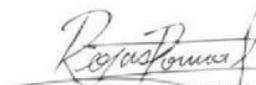
Material Material Granular Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra M-01 Hecho por : MGM  
 Cantera Pilcomayo Margen derecha Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) - Fecha

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 14% CON PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	14.0
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1660.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	232.4

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	184.00	185.00	182.00	183.00	185.00
	LECTURA DE DIAL		12.32	12.34	12.37	12.38	12.35
	% HUMEDAD	%	12.32	12.34	12.37	12.38	12.35
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	1.68	1.66	1.63	1.62	1.65
	CONFIABILIDAD	%	88.00	88.14	88.36	88.43	88.21
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	12.352				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.23				

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



TEMA DE "IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE PREMOLIENDA DE MUESTRAS DE MATERIAL GRANULAR PARA LA INVESTIGACION: MEJORA DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS CON EL MÉTODO DE CARBURO DE CALCIO, HUANCAYO 2021"

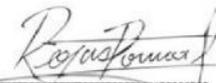
Material Material Granular Certificado : Lab. Coldfix Consulting  
 Muestra M-01 Hecho por : MGM  
 Cantera Pilcomayo Margen derecha Revisado por : BVG  
 Ubicación (Km.) - Fecha

CONTENIDO DE HUMEDAD CARBURO DE CALCIO 7.46% CON PRE MOLIENDA

CONTENIDO DE HUMEDAD REQUERIDA	%	7.46
PESO DE LA MUESTRA TOTAL	grs	1550.0
CONTENIDO DE AGUA A AGREGAR	grs	115.6

HUMEDAD	MUESTRA	UND	1	2	3	4	5
		PESO DE LA MUESTRA	grs	30.00	30.00	30.00	30.00
	MEDIDAS DE CARBURO DE CALCIO	grs	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	TIEMPO DE MEZCLA	seg	181.00	181.00	180.00	182.00	180.00
	LECTURA DE DIAL		6.62	6.64	6.59	6.63	6.61
	% HUMEDAD	%	6.62	6.64	6.59	6.63	6.61
	VARIACION DE LA HUMEDAD PATRON	%	0.84	0.82	0.87	0.83	0.85
	CONFIABILIDAD	%	88.74	89.01	88.34	88.87	88.61
	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%	6.618				
	PROMEDIO CONFIABILIDAD	%	88.71				

  
 Juan Ernesto Tejeda Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

## PANEL FOTOGRÁFICO



Llenado de material para su tamizado.



Llenado el material se tapa para que no se pierda partículas.



Se procede a agitar para que se tamice por las diferentes mallas.



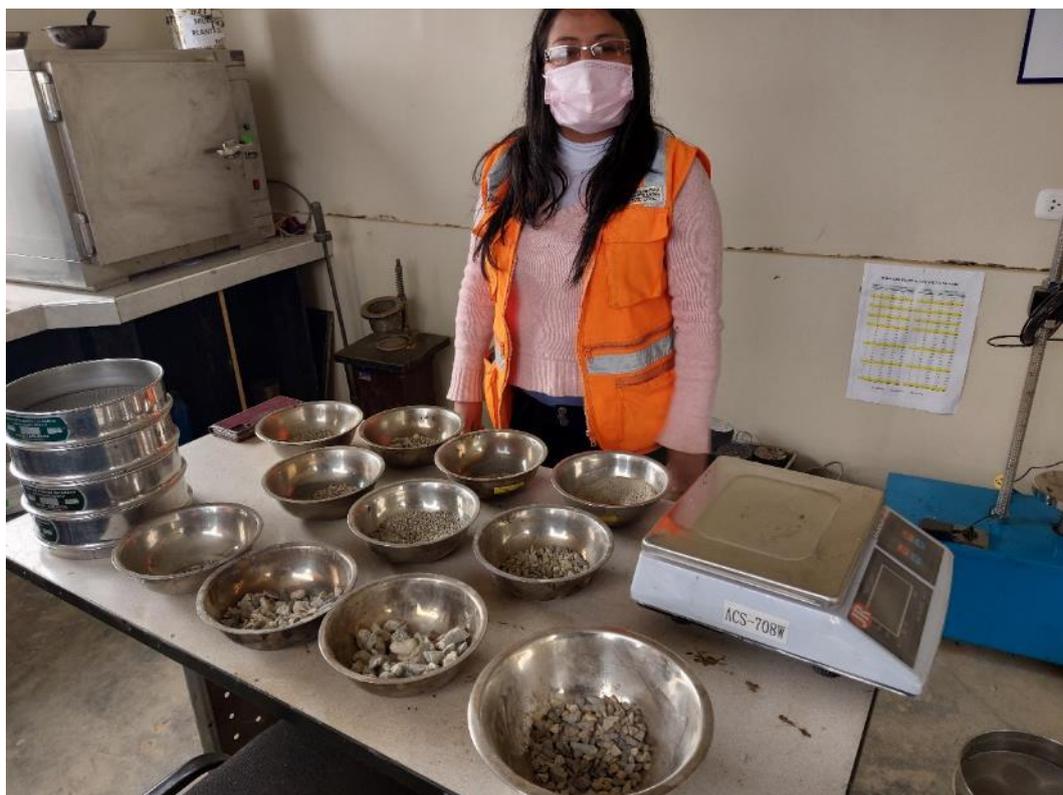
Se retira cada malla y se echa el contenido en un recipiente.



Se echan todas las partículas para no tener error.



Se pesa el contenido del recipiente.



Todas las mallas por tamaño y en orden.



Se pesa el material antes de meter al horno.



Luego se mete al horno durante 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Salido del horno procedemos a pesar el material.



Pesamos cierta cantidad de material para poder realizar en Proctor.



Lo echamos en una bandeja para humedecerlo.



Se añade agua para así obtener una mezcla húmeda.



Uniformizamos la mezcla.



Lo echamos en el molde para su posterior compactación.



Se echa en varias capas.



Se compacta según lo indicado en el manual.



Luego se halla la humedad de dicha compactación.



Se pesa material seco para el ensayo de carburo de calcio.



Se pesa el agua según el porcentaje de humedad que se requiera.



Se añade el agua al material y se procede a mezclar.



Se echa el material húmedo en la malla número 4 para separar los finos.



Se agita para poder separar los finos.



Se pesan las cantidades de carburo de calcio necesarias.



Se echa el carburo de calcio en el equipo Speedy.



Se pesa la muestra fina en la cantidad de 30 gramos.



Se verifica el peso de la muestra.



Se introduce con cuidado al equipo Speedy evitando que se mezcle con el carburo de calcio.



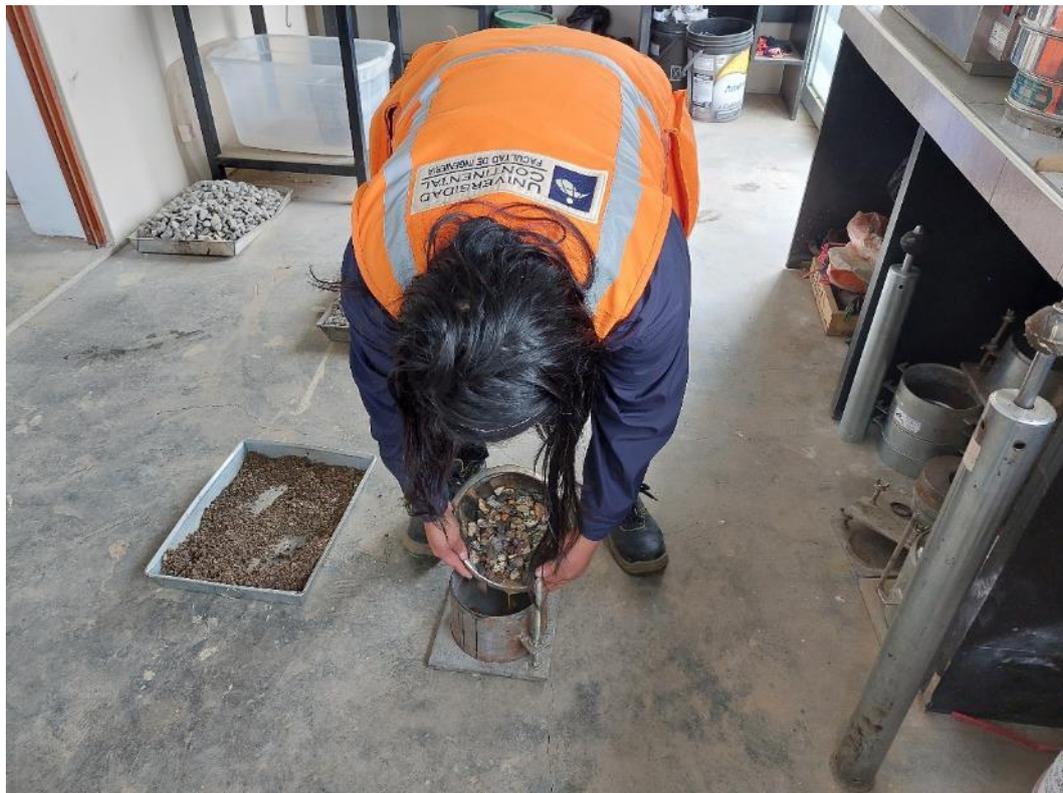
Se asegura el equipo Speedy.



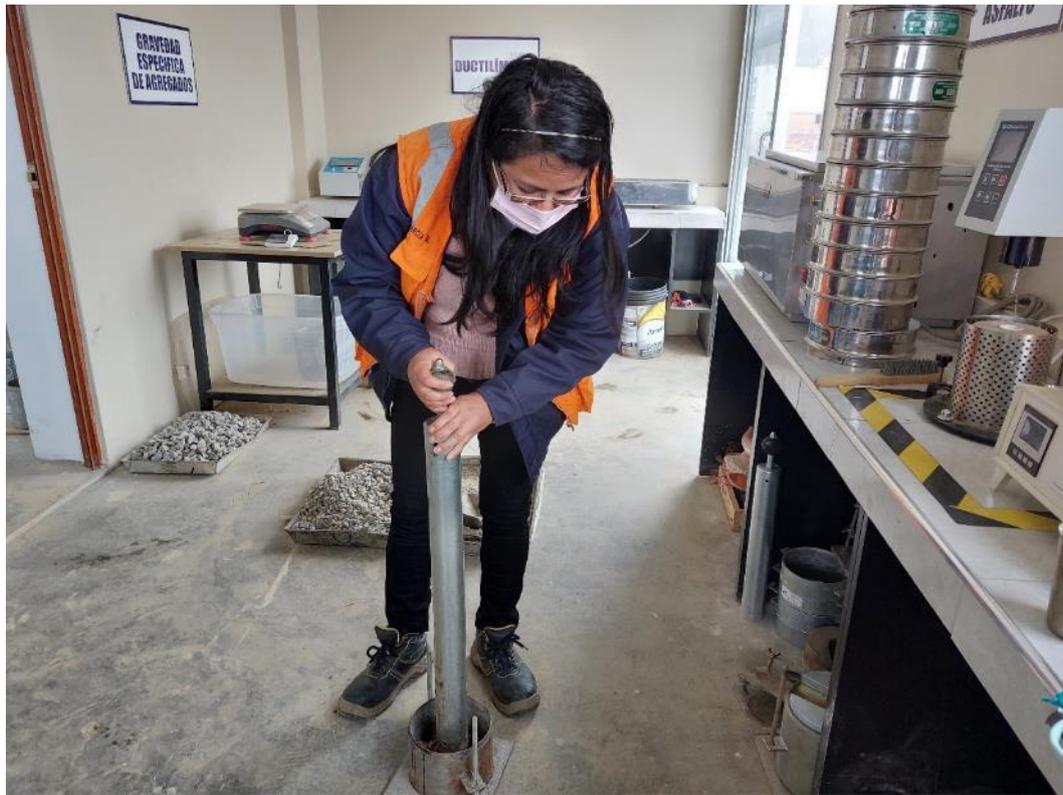
Se procede a agitar el equipo durante los tiempos requeridos.



Se da lectura del dial de presión para saber el contenido de humedad.



Para la premolienda, se echa el material grueso a un recipiente.



Se procede a molerlo con golpes del pisón.



Vemos la muestra ya fragmentada.



Pesamos la muestra en la cantidad requerida.



Sellamos el equipo Speedy.



Agitamos durante el tiempo requerido y finalmente damos lectura del dial.

# CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

**GEOLAB EQUIPOS S.A.C**  
RUC 20606348402

Equipos para Laboratorio de  
suelos, concreto y asfaltos

## INFORME DE CALIBRACION

LT - 012 – 2022

Expediente: 009-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-15

Página: 1 de 3

**SOLICITANTE** : **COLDFIX E.I.R.L.**  
Dirección : Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

**DESCRIPCION DEL EQUIPO** : ESTUFA  
Marca : NO INDICA  
Modelo : HR001  
Serie : 520  
Capacidad del Equipo : 87 L  
Indicación : DIGITAL  
Marca pirómetro : THOLZ  
Modelo pirómetro : MDH  
Temperatura Calibra : 110 °C

**LUGAR DE CALIBRACION**  
Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

**METODO DE CALIBRACION**  
La Calibración se realizó según el procedimiento de calibración PC-018  
"Procedimiento de Calibración para medios isotérmicos usando aire  
Como medio conductor"

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C 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.

### TRAZABILIDAD

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT-075-2021	SISTEMA INTERNACIONAL
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT-041-2021	

### CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17.1 °C	17.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

### CONCLUSIONES

La estufa se encuentra dentro de los rangos  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  para la realización de los ensayos de Laboratorio según la norma ASTM

### OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
Carlos E. Ramírez Mendieta  
GERENTE GENERAL

INFORME DE CALIBRACION N° LT-012-2022

Página : 2 de 3

**CALIBRACION PARA 110 °C**

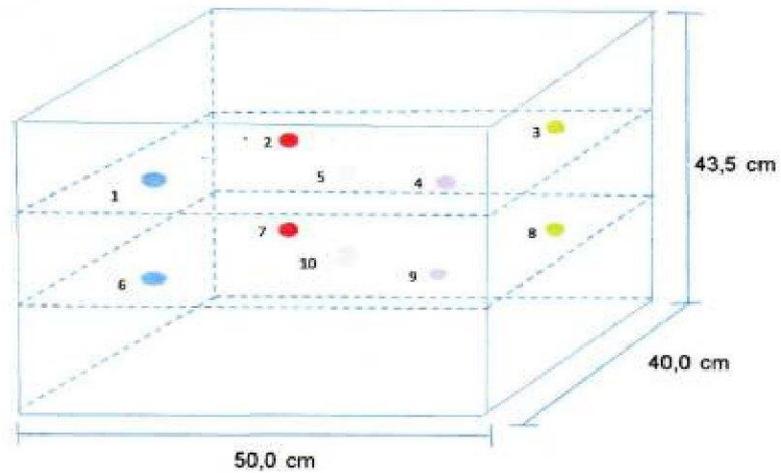
Tiempo hh:mm	Indicador del Equipo °C	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. Prom. °C	Δ Tmax °C
		Posicion 1	Posicion 2	Posicion 3	Posicion 4	Posicion 5	Posicion 6	Posicion 7	Posicion 8	Posicion 9	Posicio n 10		
00:00	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:02	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:04	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:06	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:08	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:10	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:12	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:14	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:16	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:18	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:20	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:22	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:24	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:26	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:28	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:30	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:32	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:34	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:36	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:38	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:40	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:42	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:44	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:46	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:48	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:50	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:52	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:54	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:56	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:58	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
01:00	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
<b>T. Promedio</b>	110,1	112,2	112,0	113,7	112,3	109,3	108,3	108,8	108,7	112,4	<b>Temperatura Promedio General (°C)</b>		
<b>T. Maximo</b>	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	112,5	110,7	110,8	111,7	114,7			
<b>T. Minimo</b>	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4			
<b>DTT</b>	5,9	4,8	4,4	4,7	5,0	6,2	5,0	5,1	6,1	5,3		110,8	

Parametro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida °C
Maxima Temperatura Medida	115,6	0,3
Minima Temperatura Medida	105,6	0,2
Desviacion de Temperatura en el Espacio	6,2	0,1
Desviacion de Temperatura en el Tiempo	5,4	0,1
Estabilidad Media ( ± )	3,08	0,04
Uniformidad Media	5,9	0,1

Para cada posición de medición su “desviación de temperatura en el tiempo” DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición  
Entre dos posiciones de medición su “desviación de temperatura en el espacio” esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%

  
**Carlos E. Ramirez Mendleta**  
GERENTE GENERAL

**DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO**



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

  
**Carlos E. Ramírez Mendieta**  
GERENTE GENERAL

**INFORME DE CALIBRACION**

**LF - 002 – 2022**

Expediente: 002-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-07

Página: 1 de 2

**SOLICITANTE :** COLDFIX E.I.R.L.  
Dirección : Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

**DESCRIPCION DEL EQUIPO :** PRENSA MARSHALL - CBR  
Marca : NO INDICA  
Modelo : K20  
Serie : 604  
Marca de la Celda : ZEMIC  
Modelo de Celda : H3C-C3-5.0T-6B  
Serie de Celda : SP036154  
Capacidad de Celda : 5 t  
Marca del Indicador : HIGH-WEIGHT  
Modelo del indicador : 315-X8  
Serie del indicador : 982514525

**LUGAR DE CALIBRACION**  
Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

**METODO DE CALIBRACION**  
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C 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.

**TRAZABILIDAD**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCER	INF-LE-110	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCER		

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18.1 °C	18.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

**RESULTADOS DE LA MEDICION**

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
**Carlos E. Ramirez Mendileta**  
GERENTE GENERAL

INFORME DE CALIBRACION N° LF-002-2022

Página : 2 de 2

**TABLA N° 1**

SISTEMA DIGITAL "A" Kgf	SERIE DE VERIFICACION (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	502,60	503,50	-0,52	-0,70	503,05	-0,61	-0,18
1000	1006,05	1005,05	-0,60	-0,50	1005,55	-0,55	0,10
1500	1503,95	1501,10	-0,26	-0,07	1502,53	-0,17	0,19
2000	2001,15	2000,50	-0,06	-0,03	2000,83	-0,04	0,03
2500	2497,45	2504,15	0,10	-0,17	2500,80	-0,03	-0,27
3000	2996,15	2996,45	0,13	0,12	2996,30	0,12	-0,01
3500	3493,30	3493,05	0,19	0,20	3493,18	0,20	0,01
4000	3985,24	3984,75	0,37	0,38	3985,00	0,38	0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0049x - 9,5241$

  
**Carlos E. Ramírez Mendieta**  
GERENTE GENERAL