

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis de la resistencia a la erosión de tratamientos  
superficiales modificados por la adición de yeso,  
evaluado con ensayos de erosión acelerada,  
Huancayo, 2021**

Jhon Anthony Ibarra Fierro

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

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 Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Roberto Carlos Castillo Velarde  
Asesor de tesis

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

**FECHA** : 12 de Febrero de 2024

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021"**, perteneciente al/la/los/las estudiante(s) **Bach. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO**, 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 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

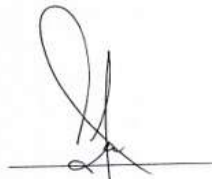
- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 16) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

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,



Ms. Roberto Carlos Castillo Velarde  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 87640

Mg. Roberto Carlos Castillo Velarde  
Asesor de tesis

Cc.  
Facultad  
Oficina de Grados y Títulos  
Interesado(a)


## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, JHON ANTHONY IBARRA FIERRO, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 45756288, 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: "**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICION DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021**", 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.

15 de 01 de 2024.



---

JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

DNI. No. 45756288



# ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICION DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="#">Submitted to Universidad Continental</a> Trabajo del estudiante	3%
3	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://www.sct.gob.mx">www.sct.gob.mx</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="https://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://portal.mtc.gob.pe">portal.mtc.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="#">Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</a> Trabajo del estudiante	1%

[repositorio.continental.edu.pe](https://repositorio.continental.edu.pe)

8	Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	programadereducaciondepeso.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
13	1library.co Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Webster University Trabajo del estudiante	<1 %
15	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to UTEC Universidad de Ingenieria & Tecnologia	<1 %

20

[www.abc.gob.bo](http://www.abc.gob.bo)

Fuente de Internet

<1 %

---

21

[tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

22

[repositorio.unp.edu.pe](http://repositorio.unp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

23

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

24

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1 %

---

25

[bibliotecadigital.oducal.com](http://bibliotecadigital.oducal.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

26

Submitted to Universidad Andina Nestor  
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

---

27

[qdoc.tips](http://qdoc.tips)

Fuente de Internet

<1 %

---

28

[revistas.ucr.ac.cr](http://revistas.ucr.ac.cr)

Fuente de Internet

<1 %

---

29

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

---

30

[vsip.info](http://vsip.info)

Fuente de Internet

<1 %

---

31	<a href="http://www.cesmec.cl">www.cesmec.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://fr.scribd.com">fr.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Señor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %
35	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to University of La Guajira Trabajo del estudiante	<1 %
42	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %

43	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://repositorio.upecen.edu.pe">repositorio.upecen.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to University of Lincoln Trabajo del estudiante	<1 %
48	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://repositorio.unajma.edu.pe">repositorio.unajma.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt">www.repositorio.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
53	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
54	<a href="http://apcarreteras.org.py">apcarreteras.org.py</a> Fuente de Internet	<1 %

55	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
56	Submitted to Universidad Politécnica Estatal de Carchi Trabajo del estudiante	<1 %
57	<a href="http://edoc.pub">edoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://ribuni.uni.edu.ni">ribuni.uni.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://www.revistaespejo.iglesiatriunfante.com">www.revistaespejo.iglesiatriunfante.com</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.uci.com">www.uci.com</a> Fuente de Internet	<1 %
61	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
62	<a href="http://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
64	Sabrina Angeletti, Patricia M Cervellini, Leticia Lescano. "Burrowing activity of the Neohelice granulata crab (Brachyura, Varunidae) in southwest Atlantic intertidal areas", Ciencias Marinas, 2018 Publicación	<1 %

65	<a href="http://ejournal.umm.ac.id">ejournal.umm.ac.id</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://repositorio.puce.edu.ec">repositorio.puce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://repositorio.unife.edu.pe">repositorio.unife.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
70	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
71	<a href="http://tesis.ipn.mx">tesis.ipn.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="http://www.crwsupply.com">www.crwsupply.com</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="http://www.transporte.gov.ar">www.transporte.gov.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
75	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
76	<a href="http://dokumen.tips">dokumen.tips</a>	

Fuente de Internet

<1 %

77

[repositorio.upse.edu.ec](http://repositorio.upse.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

78

[vdocuments.mx](http://vdocuments.mx)

Fuente de Internet

<1 %

79

[www.universal-robots.com](http://www.universal-robots.com)

Fuente de Internet

<1 %

80

"Estudio del diseño estructural y constructivo de pavimentos articulados en base a bloques de asfalto", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012

Publicación

<1 %

81

Submitted to Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Trabajo del estudiante

<1 %

82

[transparencia.mtc.gob.pe](http://transparencia.mtc.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

83

[www.avizora.com](http://www.avizora.com)

Fuente de Internet

<1 %

84

[www.jove.com](http://www.jove.com)

Fuente de Internet

<1 %

85

[www.ptolomeo.unam.mx:8080](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080)

Fuente de Internet

<1 %

[www.unesco.cl](http://www.unesco.cl)



86

Fuente de Internet

<1 %

---

87

documentop.com

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## Índice de Contenidos

Índice de Contenidos.....	ii
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Caracterización De La Realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación Del Problema .....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	2
1.3. Objetivo General.....	2
1.3.1. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación E Importancia.....	3
1.4.1. Justificación práctica.....	3
1.4.2. Justificación teórica.....	3
1.4.3. Importancia .....	3
1.5. Limitaciones.....	4
1.5.1. Delimitación conceptual .....	4
1.5.2. Delimitación espacial.....	4
1.5.3. Delimitación temporal.....	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Marco Referencial.....	5
2.1.1. Antecedentes Del Estudio .....	5
2.1.1.1. Antecedente Internacional.....	5
2.1.1.2. Antecedente Nacional .....	7

2.2.	Marco Legal.....	11
2.2.1.	Manual De Ensayos De Materiales .....	11
2.2.2.	Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción .....	11
2.3.	Marco Teórico.....	11
2.3.1.	Pavimento.....	11
2.3.2.	Tratamiento superficial .....	12
2.3.3.	Ensayo de Geelong.....	16
2.3.4.	Determinación de la textura superficial del pavimento mediante ensayo del circulo de arena .....	19
2.4.	Hipótesis De La Investigación .....	30
2.4.1.	Hipótesis General.....	30
2.4.2.	Hipótesis Específicas .....	30
2.5.	Variables .....	30
2.5.1.	Definición conceptual de la variable.....	30
2.6.	Definición Operacional De Variables .....	30
CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....		31
3.1.	Diseño De La Investigación.....	31
3.1.1.	Tipo y Nivel De Investigación .....	31
3.1.2.	Método Y Diseño De La Investigación.....	31
3.1.2.1.	Método .....	31
3.1.2.2.	Diseño .....	31
3.2.	Población Y Muestra.....	31
3.2.1.	Población.....	31
3.2.2.	Muestra.....	31
3.3.	Técnicas E Instrumentos para recolección de datos.....	32
3.3.1.	Técnicas .....	32
3.3.2.	Instrumentos.....	32

3.4.	Plan de recolección y procesamiento de datos.....	32
CAPÍTULO IV PROCEDIMIENTO Y ENSAYOS.....		34
4.1.	Obtención de muestra.....	34
4.2.	Preparación de la base granular e imprimación .....	35
4.2.1.	Base granular.....	35
4.2.2.	Proctor Modificado .....	38
4.2.3.	Valor de soporte California CBR.....	41
4.2.4.	Preparación de la muestra de base .....	46
4.3.	Colocación de capa de tratamiento superficial.....	47
4.4.	Ensayo de Geelong. ....	49
4.5.	Ensayo de círculo de arena.....	68
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		79
5.1.	Pérdida de peso de la muestra .....	79
5.2.	Profundidad máxima de erosión .....	81
5.3.	Macrotextura con círculo de arena .....	83
5.4.	Análisis estadístico.....	86
5.4.1.	PÉRDIDA DE PESO (%).....	86
5.4.2.	PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (mm): .....	93
CAPÍTULO CONCLUSIONES .....		110
VI		
RECOMENDACIONES.....		112
CAPÍTULO		
VII		
Referencias.....		113
6.1.	ANEXOS .....	115
6.1.1.	PANEL FOTOGRÁFICO.....	115
6.1.2.	MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	128
6.1.3.	CERTIFICADOS DE LABORATORIO .....	129

## TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 DEFORMACIONES EN PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES. ....	12
ILUSTRACIÓN 2 <b>ESQUEMA GENERAL DEL PROTOTIPO DE LA MÁQUINA DE ENSAYO. (FUENTE: CID FALCETO, 2012)</b> .....	18
ILUSTRACIÓN 3 BOQUILLA DE PRESIÓN .....	18
ILUSTRACIÓN 4 ENSAYO DE CHORRO CON MÁQUINA ESTÁNDAR .....	19
ILUSTRACIÓN 5 LISTA DE EQUIPOS PARA ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA .....	21
ILUSTRACIÓN 6 LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO PARA REALIZAR ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA .....	22
ILUSTRACIÓN 7 MEDICIÓN DE LA CANTIDAD ARENA PARA EL ENSAYO.....	23
ILUSTRACIÓN 8 VERTIDO DE LA ARENA AL PAVIMENTO .....	24
ILUSTRACIÓN 9 MÚLTIPLES MEDICIONES DEL DIÁMETRO DEL CÍRCULO DE ARENA FORMADO ....	26
ILUSTRACIÓN 10 ESQUEMA DEL ESPARCIDO DE LA ARENA EN EL PAVIMENTO.....	27
ILUSTRACIÓN 11 APARATO PARA MEDIR PROFUNDIDAD DE MACROTEXTURA DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO .....	28
ILUSTRACIÓN 12 PLANTA CHANCADORA DE PILCOMAYO.....	34
ILUSTRACIÓN 13 CANTERA CHUPURO – MATERIAL GRANULAR.....	35
ILUSTRACIÓN 14 GRÁFICA DE USO GRANULOMÉTRICO A Y CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA .....	37
ILUSTRACIÓN 15 CURVA DE COMPACTACIÓN DEL SUELO GRANULAR .....	41
ILUSTRACIÓN 16 MOLDES Y PESAS PARA EL ENSAYO DE CBR .....	42
ILUSTRACIÓN 17 CURVAS DE ESFUERZO – PENETRACIÓN .....	45
ILUSTRACIÓN 18 CURVAS DENSIDAD – CBR PARA 0.1” Y 0.2” DE PENETRACIÓN.....	46
ILUSTRACIÓN 19 MOLDE Y PLANCHA COMPACTADORA .....	46
ILUSTRACIÓN 20 COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL MOLDE .....	47
ILUSTRACIÓN 21 MOLDES DE 30CM X 30CM DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	48
ILUSTRACIÓN 22 ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE GEELONG PARA LA MUESTRA CON G5 ....	49
ILUSTRACIÓN 23 ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE GEELON – CHORROS 15 MIN .....	50
ILUSTRACIÓN 24 ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE GEELONG PARA LA MUESTRA CON G6 ....	51
ILUSTRACIÓN 25 MUESTRA EROSIONADA DESPUÉS DEL ENSAYO DE GEELONG.....	52
ILUSTRACIÓN 26 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACELERADA PARA GRANULOMETRÍA G5 .....	54

ILUSTRACIÓN 27 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACELERADA PARA GRANULOMETRÍA G5 .....	54
ILUSTRACIÓN 28 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G5 .....	55
ILUSTRACIÓN 29 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G5 .....	55
ILUSTRACIÓN 30 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACCELERADA PARA GRANULOMETRÍA G6 .....	57
ILUSTRACIÓN 31 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACELERADA PARA GRANULOMETRÍA G5 .....	57
ILUSTRACIÓN 32 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G6 .....	58
ILUSTRACIÓN 33 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G6 .....	59
ILUSTRACIÓN 34 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACCELERADA PARA GRANULOMETRÍA G7 .....	60
ILUSTRACIÓN 35 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACELERADA PARA GRANULOMETRÍA G7 .....	60
ILUSTRACIÓN 36 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G7 .....	61
ILUSTRACIÓN 37 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G7 .....	62
ILUSTRACIÓN 38 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACELERADA PARA GRANULOMETRÍA G8 .....	63
ILUSTRACIÓN 39 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACELERADA PARA GRANULOMETRÍA G8 .....	64
ILUSTRACIÓN 40 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G8 .....	64
ILUSTRACIÓN 41 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G8 .....	64
ILUSTRACIÓN 42 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACCELERADA PARA GRANULOMETRÍA G9 .....	66
ILUSTRACIÓN 43 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PÉRDIDA DE PESO POR EROSIÓN ACELERADA PARA GRANULOMETRÍA G9 .....	67

ILUSTRACIÓN 44 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G9 .....	67
ILUSTRACIÓN 45 GRÁFICA DE TENDENCIA RESULTADOS PROFUNDIDAD DE EROSIÓN POR EROSIÓN PARA GRANULOMETRÍA G9 .....	68
ILUSTRACIÓN 46 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G5.....	70
ILUSTRACIÓN 47 GRÁFICA DE TENDENCIA DE RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G5.....	71
ILUSTRACIÓN 48 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G6.....	72
ILUSTRACIÓN 49 GRÁFICA DE TENDENCIA DE RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G6 .....	73
ILUSTRACIÓN 50 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G7.....	74
ILUSTRACIÓN 51 GRÁFICA DE TENDENCIA DE RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G7.....	75
ILUSTRACIÓN 52 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G8.....	76
ILUSTRACIÓN 53 GRÁFICA DE TENDENCIA DE RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G8.....	76
ILUSTRACIÓN 54 DIAGRAMA DE BARRAS RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G9.....	78
ILUSTRACIÓN 55 GRÁFICA DE TENDENCIA DE RESULTADOS DEL MDT INICIAL Y MDT FINAL DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA GRANULOMETRÍA G9.....	79
ILUSTRACIÓN 56 GRÁFICA RESUMEN DE PÉRDIDA DE PESO DE LAS MUESTRAS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	80
ILUSTRACIÓN 57 GRÁFICA RESUMEN DE PROFUNDIDAD DE EROSIÓN DE LAS MUESTRAS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL. ....	82
ILUSTRACIÓN 58 GRÁFICA RESUMEN DE VARIACIÓN DE LA MACROTEXTURA DE MUESTRAS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL .....	84
ILUSTRACIÓN 59 HISTOGRAMA - PÉRDIDA DE PESO (%).....	90
ILUSTRACIÓN 60 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS - PÉRDIDA DE PESO (%).....	92
ILUSTRACIÓN 61 HISTOGRAMA - PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (MM) .....	96

ILUSTRACIÓN 62 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS - PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (MM) .....	99
ILUSTRACIÓN 63 HISTOGRAMA - MDF FINAL (MM) .....	103
ILUSTRACIÓN 64 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE PUNTOS - MDF FINAL (MM) .....	106
ILUSTRACIÓN 65 MOLDES Y MATERIAL GRANULAR .....	117
ILUSTRACIÓN 66 MOLDE Y PLANCHA COMPACTADORA .....	117
ILUSTRACIÓN 67 MOLDE DE COMPACTACIÓN DE 30CM X 30CM.....	118
ILUSTRACIÓN 68 MUESTRA SECA PARA GRANULOMETRÍA DE LA BASE GRANULAR .....	118
ILUSTRACIÓN 69 BASE GRANULAR EN EL MOLDE .....	119
ILUSTRACIÓN 70 COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL MOLDE .....	119
ILUSTRACIÓN 71 MOLDES COMPACTADOS .....	120
ILUSTRACIÓN 72 IMPRIMACIÓN DE LA BASE GRANULAR .....	120
ILUSTRACIÓN 73 MOLDES CON BASE GRANULAR IMPRIMADOS .....	121
ILUSTRACIÓN 74 IMPRIMACIÓN SECA A TEMPERATURA AMBIENTE .....	122
ILUSTRACIÓN 75 USOS GRANULOMÉTRICOS PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL .....	122
ILUSTRACIÓN 76 TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE BASE GRANULAR .....	123
ILUSTRACIÓN 77 TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON DISTINTOS USOS GRANULOMÉTRICOS...	123
ILUSTRACIÓN 78 MUESTRA COLOCADA PARA EL ENSAYO DE EROSIÓN POR CHORRO .....	124
ILUSTRACIÓN 79 EQUIPO Y MUESTRA PARA EL ENSAYO DE DAÑO POR EROSIÓN .....	124
ILUSTRACIÓN 80 ENSAYO DE DAÑO POR EROSIÓN .....	125
ILUSTRACIÓN 81 DAÑO POR EROSIÓN .....	125
ILUSTRACIÓN 82 SEVERIDAD DEL DAÑO DE LAS MUESTRAS .....	126
ILUSTRACIÓN 83 MUESTRAS DAÑADAS POR EROSIÓN.....	127



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CRITERIO DE CLASIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN .....	17
TABLA 2 TABLA DE RANGO DE TEXTURAS .....	29
TABLA 3 TABLA DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA BASE GRANULAR.....	36
TABLA 4 TABLA DE USOS GRANULOMÉTRICO DE BASES GRANULARES PARA CARRETERAS .....	37
TABLA 5 TABLA CON RESULTADOS DE PROCTOR DEL MATERIAL DE BASE .....	40
TABLA 6 TABLA CON RESULTADOS DE CBR DEL MATERIAL DE BASE.....	43
TABLA 7 TABLA RESUMEN DE RESULTADOS DE CBR DEL MATERIAL GRANULAR .....	46
TABLA 8 RANGOS DE GRADACIÓN PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES .....	47
TABLA 9 CANTIDADES APROXIMADAS DE MATERIAL PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE	48
TABLA 10 RESULTADOS DEL ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G5 .....	53
TABLA 11 RESULTADOS DEL ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G6 .....	56
TABLA 12 RESULTADOS DEL ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G7 .....	59
TABLA 13 RESULTADOS DEL ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G8 .....	62
TABLA 14 RESULTADOS DEL ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G9 .....	65
TABLA 15 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G5 .....	69
TABLA 16 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G6 .....	71
TABLA 17 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G7 .....	73
TABLA 18 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G8 .....	75
TABLA 19 RESULTADOS DEL ENSAYO DE CÍRCULO DE ARENA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL ELABORADA CON GRANULOMETRÍA G8 .....	77
TABLA 20 TABLA RESUMEN DE PÉRDIDA DE PESO DE LA MUESTRA DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL .....	79

TABLA 21 TABLA RESUMEN DE PROFUNDIDAD DE EROSIÓN DE LA MUESTRA DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	81
TABLA 22 GRÁFICA RESUMEN DE VALORES DEL MDF DE MACROTEXTURA DE LAS MUESTRAS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	84
TABLA 23 DESCRIPTIVOS - PÉRDIDA DE PESO (%) .....	86
TABLA 24 PRUEBA DE NORMALIDAD - PÉRDIDA DE PESO (%) .....	89
TABLA 25 ANÁLISIS DE VARIANZA - PÉRDIDA DE PESO (%) .....	90
TABLA 26 ANÁLISIS DE VARIANZA DUNCAN - PÉRDIDA DE PESO (%).....	91
TABLA 27 PRUEBA DE ANOVA - PÉRDIDA DE PESO (%) .....	92
TABLA 28 DESCRIPTIVOS - PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (MM) .....	93
TABLA 29 PRUEBA DE NORMALIDAD - PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (MM).....	96
TABLA 30 ANÁLISIS DE VARIANZA - PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (MM) .....	97
TABLA 31 ANÁLISIS DE VARIANZA DUNCAN - PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (MM).....	98
TABLA 32 PRUEBA DE ANOVA - PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (MM).....	98
TABLA 33 DESCRIPTIVOS - MDF FINAL (MM).....	100
TABLA 34 PRUEBA DE NORMALIDAD - MDF FINAL (MM).....	103
TABLA 35 ANÁLISIS DE VARIANZA - MDF FINAL (MM).....	104
TABLA 36 ANÁLISIS DE VARIANZA DUNCAN - MDF FINAL (MM).....	105
TABLA 37 PRUEBA DE ANOVA - MDF FINAL (MM).....	105

## RESUMEN

La presente investigación titulada: ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021 tiene como objetivo evaluar la resistencia a la erosión, mediante la aplicación de un ensayo de Geelong, que originalmente fue diseñado para evaluar la resistencia a la erosión de elementos de albañilería de tierra comprimida y que fue adaptada para esta investigación. Para esta investigación, se elaboró un total de 120 moldes en 4 etapas de 30 moldes, conformando una base granular que cumplía con las condiciones establecidas en la especificación técnica de la construcción de carreteras del Ministerio de transportes, sobre la cual se conformó las muestras de tratamiento superficial, empezando con las muestras sin adición de yeso, 15 muestras para 5 granulometrías G5, G6, G7, G8 y G9 y 3 puntos por cada 1. Luego para la adición de 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 3%, 4% y 5%. Estas muestras se sometieron a pruebas de resistencia a la erosión de un chorro a una distancia de 45cm de la boquilla y por un periodo de 15 min. La investigación demostró que las capas de tratamiento superficial presentaban una baja resistencia a la erosión del chorro de agua. También se pudo notar que la adición del yeso mejoraba la resistencia a la erosión con adiciones de entre 0.5 % a 1.5% obteniendo una disminución de la erosión de 35%, mientras que para % de adición más elevados los daños por erosión se incrementaban incluso a valores de hasta 214%. Adicionalmente, se realizó el ensayo de círculo de arena para medir la macrotextura, el tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G6, mostró una variación mínima de 11.70% y un máximo de 177.5%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G7 mostró una variación mínima de 28.70% y un máximo de 228.0%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G8 mostró una variación mínima de 56.10% y un máximo de 270.2%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G9 mostró una variación mínima de 179.90% y un máximo de 280.25%.

Palabras clave: tratamiento superficial, ensayo de erosión acelerada

## ABSTRACT

The present investigation entitled: ANALYSIS OF RESISTANCE TO EROSION OF SURFACE TREATMENTS MODIFIED BY THE ADDITION OF PLASTER, EVALUATED WITH ACCELERATED EROSION TESTS - HUANCAYO 2021, has as its objective the resistance to erosion, through the application of a Geelom test, which was originally designed to evaluate the resistance to erosion of compressed earth masonry elements and which was adapted for this investigation. For this research, a total of 120 molds were made in 4 stages of 30 molds, forming a granular base that met the conditions established in the technical specification for road construction of the Ministry of Transport, on which the samples were formed. of surface treatment, starting with the samples without addition of plaster, 15 samples for 5 granulometries G5, G6, G7, G8 and G9 and 3 points for each 1. Then for the addition of 0.5%, 1%, 1.5%, 2% , 3%, 4% and 5%. These samples were tested for resistance to jet erosion at a distance of 45cm from the nozzle and for a period of 15 min. The investigation showed that the surface treatment layers exhibited low resistance to water jet erosion. It was also noted that the addition of gypsum improved the resistance to erosion with additions of between 0.5% to 1.5%, obtaining a decrease in erosion of 35%, while for higher% addition, erosion damage increased even at values up to 214%. In addition, the sand circle test was carried out to measure the macrotecture, the surface treatment made with aggregate with G6 granulometry, showed a minimum variation of 11.70% and a maximum of 177.5%. The surface treatment made with aggregate with G7 granulometry, showed a minimum variation of 28.70% and a maximum of 228.0%. The surface treatment made with aggregate with G8 granulometry, showed a minimum variation of 56.10% and a maximum of 270.2%. The surface treatment made with aggregate with G9 granulometry, showed a minimum variation of 179.90% and a maximum of 280.25%.

Keywords: surface treatment, accelerated erosion test

## INTRODUCCIÓN

El empleo de tratamientos superficiales es una elección habitual cuando se trata de alcanzar la máxima eficiencia posible en los costes de pavimentación, sin dejar de mantener unas buenas condiciones de resistencia en el pavimento frente al desgaste del tránsito y las condiciones climáticas. De esta manera, estamos ante una opción que pese a su larga historia de uso no pierde su vigencia en los tratamientos superficiales. Mediante el empleo de esta técnica se hace más viable la conservación adecuada de carreteras de menor exigencia, optimizando así el uso de los recursos.

La preparación de la superficie mediante riego con grava fue una de las primeras técnicas de pavimentación asfáltica. Aunque el proceso de construcción de esta tecnología se ha mantenido igual desde sus inicios, se han introducido interesantes mejoras, principalmente en la automatización de las líneas de producción de los adhesivos utilizados y los equipos de instalación, especialmente los depósitos de riego.

La presente investigación pretende mejorar la resistencia del tratamiento superficial a la acción agresiva del agua, por medio de la adición de partículas de yeso. Usando como indicador la pérdida de masa generada por un equipo que causa erosión acelerada por chorros de agua a presión.

## CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Caracterización De La Realidad Problemática

El tratamiento superficial es una forma alternativa de mantener la carretera en buen estado y mejorar algunas de sus características. Esta solución es reconocida por su buena relación costo/rendimiento, facilidad de instalación y uso en casi cualquier tipo de pavimento. En todo el mundo, los tratamientos superficiales se han utilizado ampliamente para mejorar las condiciones de las carreteras. Este es el caso de Nueva Zelanda, donde el 65% (unos 60.000 km) de la red de carreteras del país está cubierto por tratamientos superficiales (Gundersen, 2008).

Los tratamientos superficiales representan una opción muy apropiada para mejorar la regularidad y la resistencia al deslizamiento de las carreteras en Perú. Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrece su uso, la colocación de este sistema ha perdido popularidad en el país debido a que presenta una durabilidad inferior a la carpeta asfáltica. El factor más perjudicial a la

durabilidad de los tratamientos superficiales es el agua que cae hacia el pavimento por efecto de las lluvias.

La presente investigación pretende mejorar la respuesta de los tratamientos superficiales bicapa a la acción destructiva del agua, mediante a la adición de yeso y evaluara su efectividad mediante el ensayo de erosión acelerado por chorro de agua a presión. Si esta adición mejora su comportamiento frente al agua, podremos logra un gran aporte a la ingeniería vial.

## **1.2. Formulación Del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el efecto de la adición del yeso en la resistencia a la erosión de tratamientos superficiales, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cómo influye la adición de yeso en la **pérdida de peso** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?
- b) ¿Cómo influye la adición de yeso en la **profundidad máxima de erosión** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?
- c) ¿Cómo influye la adición de yeso en la **macrotextura** de la capa de tratamiento superficial evaluada con ensayo de círculo de arena, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?

## **1.3. Objetivo General**

Determinar cuál es el efecto de la adición del yeso en la resistencia a la erosión de tratamientos superficiales, sometido al ensayo de erosión acelerada de Geelong Huancayo 2021.

### **1.3.1. Objetivos Específicos**

- a) Determinar cómo influye la adición de yeso en la **pérdida de peso** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.
- b) Determinar cómo influye la adición de yeso en la **profundidad máxima de erosión** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.
- c) Determinar cómo influye la adición de yeso en la **macrotextura** de la capa de tratamiento superficial evaluada con ensayo de círculo de arena, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.

## **1.4. Justificación E Importancia**

### **1.4.1. Justificación practica**

Esta investigación se realiza porque los tratamientos superficiales son susceptibles al daño por humedad y cualquier mejora que incremente la respuesta al daño por humedad es una contribución importante, ya que puede garantizar una mayor durabilidad en el tiempo.

La aplicación del yeso en la preparación de superficies está dada por el método científico, por lo tanto, en los ensayos de laboratorio se obtendrán los datos necesarios para verificar los datos obtenidos con confiabilidad y poder utilizarlos en campo y otros trabajos de investigación.

### **1.4.2. Justificación teórica**

El presente trabajo de investigación es importante ya que se analiza el fenómeno de erosión a través del ensayo de Geelong y el impacto que da la adición del yeso, servirá como una solución al problema planteado y así evitar la erosión que produce el agua de lluvia.

### **1.4.3. Importancia**

Es importante realizar el presente trabajo de investigación ya que se evaluará el fenómeno de bombeo por el ensayo de Geelong con adición de porcentajes de mortero de cemento y esto evitará el fenómeno de bombeo en la base granular del pavimento rígido.

## **1.5. Limitaciones**

### **1.5.1. Delimitación conceptual**

El presente proyecto de investigación tiene una cobertura a nivel de los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Especificaciones técnicas generales para la construcción EG – 2013, manual de ensayos de materiales, manual de carreteras diseño geométrico DG – 2018), ya que es donde se enmarcan las normas y requisitos que deben cumplir los ensayos y datos que se realizarán y obtendrán respectivamente.

### **1.5.2. Delimitación espacial**

El trabajo de investigación se limita en la región de Junín, provincia de Huancayo, distrito de El Tambo, específicamente de la cantera de Quebrada Honda.

### **1.5.3. Delimitación temporal**

El tiempo de ejecución y elaboración de la presenta trabajo de investigación abarca 3 meses, tiempo donde se realizará los ensayos pertinentes para obtener los datos necesario para contrastar la hipótesis planteada.



## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco Referencial**

#### **2.1.1. Antecedentes Del Estudio**

##### **2.1.1.1. Antecedente Internacional**

Según Edween Mauricio Guerrero Veloza en su tesis “TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y ANÁLISIS DE COSTOS RESPECTO A PLACA HUELLA”. El presente documento tiene como objetivo describir en detalle el tratamiento superficial de emulsión asfáltica aplicada a la Red Terciaria del Territorio Nacional, dando lugar a un análisis de costos de la construcción de la estructura de losa de huella, implementada por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) divulgada hoy. Para desarrollar este tema, a través de la recolección y análisis de la información, se remitieron diferentes medios de consulta. Los medios consultados incluyen la base de datos del INVIAS, como especificaciones técnicas, normas de ensayo y precios unitarios de los artículos objeto de este análisis, además de otros documentos y libros que abordan el tema. Se describen las ventajas del uso de emulsiones bituminosas para la preparación de superficies, su composición, procedimientos constructivos y equipos necesarios para la construcción, y se define específicamente cada elemento que interviene en el proceso. En cuanto al análisis de costos de la pérdida de huella de construcción de un kilómetro y el tratamiento superficial de emulsión asfáltica, se concluyó que el costo de la pérdida de huella es casi 5 veces mayor en comparación con el tratamiento superficial, de esta manera la losa de huella de 1 kilómetro se construirá en una su vez, se construirá con 5km de meta. Por otra parte, se puede decir que realizando un mantenimiento rutinario y periódico se puede mejorar mucho la durabilidad de estos tratamientos de emulsión, conservando las características de impermeabilidad y rugosidad, cuyo menor coste principal se obtiene con recursos municipales por parte de las autoridades competentes.

(Cid Falceto, 2012), en su tesis doctoral, que lleva como título “DURABILIDAD DE LOS BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA. EVALUACIÓN Y RECOMENDACIONES PARA LA NORMALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE **EROSIÓN Y ABSORCIÓN**”. Diseñado para ensayos de erosión y absorción de materiales fabricados en España, en particular Bloques de Tierra Comprimida (CTB). En esta investigación se aprovecharon los siguientes resultados: El ensayo de erosión por aspersion de agua a presión es un método adecuado para estabilizar bloques de suelo comprimido, mientras que el mismo método es muy agresivo para bloques inestables. El ensayo de erosión hídrica es un método eficaz para cuantificar la erosión de terrones inestables. Como criterio

de evaluación es necesario limitar la pérdida de peso de los bloques inestables, ya que la mayor erosión se produce por efecto de la escorrentía y no por efecto de las gotas de agua.

(Mba Lozano & Tabares Gonzales, 2005) en su investigación en la especialidad de vías y Transporte, que tiene como título “DIAGNÓSTICO DE VÍA EXISTENTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA NUEVA MEDIANTE PARÁMETROS OBTENIDOS DEL ESTUDIO EN FASE I DE LA VÍA ACCESO AL BARRIO CIUDADELA DEL CAFÉ - VÍA LA BADEA”. Su objetivo es presentar y comparar los resultados obtenidos al evaluar los diversos métodos necesarios para diseñar estructuras de pavimento de acuerdo con los requisitos de tráfico de la industria y determinar, en base a un análisis exhaustivo, qué estructuras son las más adecuadas para usar con los diferentes métodos en nuevas carreteras, así como las condiciones existentes y proyectadas. Otro objetivo es realizar un inventario vial a través de PCI para determinar la integridad del pavimento y la salud del pavimento. Los resultados de esta encuesta son los siguientes: se espera que el tráfico normal en el área marítima de 15 años. Un estudio de PCI en la zona mostró que la estructura del pavimento y la superficie de rodadura de la vía están en buenas condiciones.

Según (1) en su trabajo de tesis titulado “DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS”. Indicar que el trabajo de título incluye una descripción de los tipos de pavimento de construcción vial existente, mostrando los diferentes tipos de deterioro que se han producido en el pavimento, a través de su construcción o diferentes causas a lo largo de los años, y recomienda, además, los tipos de técnicas de restauración utilizadas para obras de pavimentación, mostrando su construcción. El proceso está documentado con fotos para una mejor comprensión del proceso. En este trabajo, se presenta como caso práctico la protección de aceras aplicable a las zonas 1 y 2 de Valdivia, resaltando las causas de estos deterioros, y las reparaciones aplicadas, enfatizando la importancia de la reconstrucción de aceras y carpetas asfálticas. Proceso constructivo. Gran aporte para los profesionales que pretenden desarrollarse en el campo de la ingeniería vial. Concluyó que aún no existe una conciencia real de que mantener o proteger la superficie de la carretera es mucho menos costoso que reparar la misma superficie de la carretera y, además de ahorrar millones de pesos, brinda más mantenibilidad y comodidad para el conductor. - La protección de las aceras requiere de personal capacitado, es decir, que tengan amplios conocimientos en el tema. - Para utilizar los fondos para el mantenimiento de manera efectiva, es necesario inspeccionar la superficie de la carretera con frecuencia y minuciosamente. - Una vez que se determina que se requiere una reparación, debe llevarse a cabo de inmediato, porque la superficie de la carretera continúa

deteriorándose día a día, lo que resulta en una conducción tan peligrosa. Es necesario primero determinar la causa del daño en el pavimento para poder hacer las reparaciones correctas para que no vuelva a suceder. - El mantenimiento oportuno y continuo es necesario para proteger la inversión y mantener los pavimentos en pleno servicio al público. - En cuanto a los trabajos realizados en las comunas 1 y 2 de Valdivia, algunas de las técnicas utilizadas para la reparación del pavimento no fueron suficientes, ya que no utilizaron criterios adecuados para determinar los tipos de fallas y sus respectivas soluciones, y el trabajo requiere más inspección por parte del director. Existe la necesidad de identificar legalmente un organismo público responsable de la reparación, protección y reposición de pavimentos y destinar recursos directamente a este.

### **2.1.1.2. Antecedente Nacional**

Según (2) En su tesis titulada “Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo” indica que la presente investigación nace de la problemática que tienen los materiales de tierra, los cuales son propensos a sufrir de erosión a causa de las lluvias. Los Ladrillos de Tierra Comprimida (LTC), son unidades de albañilería fabricadas a base de tierra cruda, por lo cual podría suponerse que podrían ser fácilmente erosionables por efecto del impacto físico de las gotas de lluvia, motivo por el cual, en la ciudad de Lima y en otras partes del país, por seguridad, se han estado fabricando ladrillos estabilizados con 20% de cemento. Sin embargo, fabricar ladrillos con 20% de cemento implica un costo económico de producción demasiado alto si se desea destinar este sistema para viviendas de índole social. El objetivo principal de la presente investigación es evaluar los resultados de 3 ensayos de erosión acelerada, aplicados a ladrillos de tierra comprimida estabilizados con menos de 20% de cemento, para asegurar la durabilidad de muros de albañilería a construirse con este tipo de ladrillos en la ciudad de Huancayo. La primera parte fue comparar los resultados del ensayo de absorción con los criterios de evaluación de las normas internacionales IS 1725 y SLS 1382 y la norma peruana NTP 399.613 encontrándose que las unidades ensayadas se consideran como “no aceptables”, porque sobrepasan el % máximo permisible. Luego, respecto al análisis del ensayo de erosión por caída de agua, por los métodos Geelong y SAET, se observó que estos ensayos que no producen erosión observable en ladrillos de tierra comprimida y se concluyó que son ensayos con los cuales no se podrá garantizar la durabilidad ladrillos de tierra comprimida estabilizados. Finalmente, respecto a la interpretación de los indicadores de erosionabilidad al ensayo de erosión por pulverizado de agua a presión, se concluye que los ladrillos

estabilizados con 20,15 y 11% de cemento, se consideran “aptos” para exposición severas, mientras que los LTC estabilizados con 7% de cemento solo deben de usarse en exposiciones leves o moderadas. La investigación concluye que entre los 3 tipos de ensayos evaluados, solo el ensayo de absorción y el ensayo de pulverizado de agua son los más indicados para garantizar la durabilidad de muros perimétricos a construirse con ladrillos de tierra comprimida.

Según Córdor Alfaro, Jimmy Julián en su tesis titulada “TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA DE LA CARRETERA VALLE YACUS PROVINCIA DE JAUJA – REGIÓN JUNÍN 2015”. Estudio comparativo observacional de aplicación, nivel de: descriptivo-interpretativo, el estudio tiene como finalidad realizar estudio recomendaciones para mejorar los problemas encontrados en la unidad de análisis en base a los resultados obtenidos. Se seleccionaron aleatoriamente 60 personas, con carácter intencional o estándar no muestra probabilística, grupo de 36 encuestados. Junín. La principal conclusión a priori es que la aplicación de emulsión bituminosa como tratamiento superficial bicapa afecta significativamente el 75% de la protección de caminos no pavimentados, Valle de Yacus-Región Junín. La aplicación de una metodología y diseño adecuado de la emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa, permite elevar en un 32% el nivel de serviciabilidad de las vías de la carretera Valle Yacus, Provincia de Jauja – Región Junín.

Según William Prospero Quiroz Gonzales en su tesis “EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA A NIVEL DE EJECUCIÓN, DE LA OBRA MEJORAMIENTO DE LA RUTA AM-100, BAGUALA PECA; DEL CIRCUITO VIAL II – AMAZONAS”. La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el tratamiento superficial bicapa, a nivel de ejecución de la obra de mejoramiento de la Ruta AM-100, Bagua - La Peca. Se han estudiado en detalle ocho kilómetros en línea recta. Con el apoyo del Manual de Carreteras EG-2013, se determinará si ajustarse a los indicadores del documento técnico del proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa, en el que se confirme el cumplimiento, además, de la función de la superficie bicapa. se realiza el tratamiento con instrumentos de medición, luego se realiza el trabajo en oficina, finalmente calculó el cotejo y balance entre el trabajo de campo (ejecución) y el documento técnico, y concluyó que, en la ruta AM-100, Bagua - El Parco cumple con las instrucciones del documento técnico. Los materiales utilizados de la cantera Puerto Nuevo

I ubicado en el km 2+500 de la ruta AM-102 cumplen con las normas firmadas en el documento técnico, además, la evaluación analítica del material de la cantera KM 1+190 LD confirma que el contratista ha estado trabajando en los materiales bituminosos de TSB y se aplica áridos extendidos con equipos que cumplen especificaciones. El espesor del tratamiento superficial de dos capas viene definido por el tamaño representativo según el tamaño de grano utilizado. Para este proyecto, no fue posible lograr un espesor de 2,5 cm, ya que, utilizando la segunda y capa de primera de husillos de arena, se alcanzaría el máximo espesor requerido de 1,9 cm, aunque no se cumplió, se decidió el espesor mínimo como determinado. Espesor 90%. pág. 13 Al verificar la funcionalidad bicapa, para la rugosidad se obtuvo un IRI característico de 2,25 m/km, en línea con la opción IRI (max) = 2,50 m/km. Para la textura, se realizó al menos dos mediciones de la resistencia al deslizamiento y la profundidad de la textura con un anillo abrasivo. Respecto al primero, no existe un valor único por debajo del cuarenta y cinco por ciento (0,45), y se cumple. En cuanto al segundo, el promedio de las dos lecturas es al menos igual a un milímetro y dos décimas (1,2 milímetros), y ningún valor individual es inferior a un milímetro (1,0 milímetros), en línea. No es posible evaluar la ubicación de la TSB y sus capacidades entre Ruta AM – 100 km. 0+000 km. 0+870 y km. 7+000km. 8+000 por problemas sociales entre meses de estudio.

Según Trujillo Ticona, Erika Rocío en su tesis “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA DE LA CARRETERA REGIONAL AR-109 DEL DISTRITO DE HUAMBO, PROVINCIA DE CAYLLOMA, AREQUIPA”. El camino en estudio está ubicado en la ruta AR-109, tramo: KM 93+000 – KM 100+000, actualmente esta ruta no se mantiene, por lo que se proyecta mejorar en este caso mediante la aplicación de un doble tratamiento superficial sobre un establo base Al utilizar emulsiones bituminosas, saber cuál es el más adecuado no provocará impactos ambientales significativos que pueden perjudicar a la población. Las pruebas para este estudio se realizaron en el laboratorio del Parque Industrial de la Universidad Católica de Santa María, involucrando suelos y canteras; de manera que te darán las especificaciones de los materiales que utilizas. El propósito de este trabajo es brindar una remediación efectiva y económica de caminos con bajo volumen de tránsito; proponiendo una emulsión asfáltica que ayude a mejorar y proteger los caminos no pavimentados.

(Ramos Guzman & Torres Sueldo, 2012), en su tesis de pregrado, cuyo título es “MEJORAMIENTO DEL MATERIAL AFIRMADO DE LAS CANTERAS ADYACENTES PARA EL TERRAPLÉN DE LA CARRETERA LIRCAY – CCOCHACCASA”. Su objetivo principal es evaluar el uso de cemento en los materiales de confirmación de certeza para mejorar el

terraplén Lircay-Ccochaccasa. En esta investigación, se obtuvieron los siguientes resultados, el uso del 1% aumenta la resistencia del suelo y mejora la estabilidad del material determinado para el mejoramiento de la plataforma de la carretera Lircay-Ccochaccasa. Además, las propiedades y la calidad del material confirmaron las canteras de Uchcupampa y Ccochaccasa son muy buenas según los ensayos realizados, granulometría, suelo tipo A 1, que contiene fragmentos de piedra, grava y arena, recomendado para este tipo. de suelo Cemento estable y cumple con ASTM D 4318, AASSHTO T 89 y ASTM D 4318, AASSHTO T90. También se concluyó que por cada 1% de aumento en la dosificación de cemento, la densidad seca aumentó en 0,06 gr/cm<sup>2</sup> después de dos días de curado, y la CBR al 100% fue de 48,50%, lo que mejoró la resistencia del suelo estabilizado con cemento. Y con el aumento del contenido de cemento en un 1%, la densidad seca aumentó en 0,041 gr/cm<sup>2</sup> después de curar durante dos días, y el CBR del 100% fue de 44,50%, lo que aumentó la resistencia del suelo estabilizado con cemento.

(Rivera León & Medina Sánchez, 2016), en su tesis de pregrado, que lleva como título “INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CUATRO NIVELES (1 %, 2%, 3% Y 4%) DE CLORURO DE CALCIO EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN MATERIAL PARA AFIRMADO”. El objetivo fue determinar el efecto de cada contenido de cloruro de calcio sobre la resistencia mecánica del material. Los resultados de esta investigación son los siguientes. En primer lugar, la adición de un 1% de cloruro de calcio con respecto a la muestra estándar aumenta la resistencia mecánica del material destruido en más de un 5%. En segundo lugar, la densidad seca máxima aumenta con cada agregado de cloruro de calcio en relación con la muestra estándar, que tiene una densidad seca máxima de 2195 g/cm<sup>3</sup> con adiciones de 1 %, 2 %, 3 % y 4 %, lo que producen 2216, 2216, 2.235, 2.235 y 2.253 gr/cm<sup>3</sup>. En tercer lugar, el cloruro de calcio afecta el CBR del material, lo que confirma la adición de 1%, 2%, 3% y 4%, como resultado de una permeabilidad de 0,1 pulgadas: 103%, 105%, 142 % y 150%, respectivamente; para muestras estándar CBR 74%. Finalmente, el material endurecido de la cantera El Gavilán cumple con los requisitos mínimos para materiales endurecidos en las normas técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, con una resistencia al desgaste del 33,23% y un CBR de 0,1”, que es del 74%.

## **2.2. Marco Legal**

### **2.2.1. Manual De Ensayos De Materiales**

La dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos.

Este manual forma parte de los Manuales de Carreteras y fue aprobado por D.S. N° 034 – 2008 – MTC, es de carácter normativo.

La finalidad principal es estandarizar los métodos y procedimientos para realizar ensayos en laboratorio.

### **2.2.2. Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción**

Este manual forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034 – 2008 – MTC y es de carácter normativo.

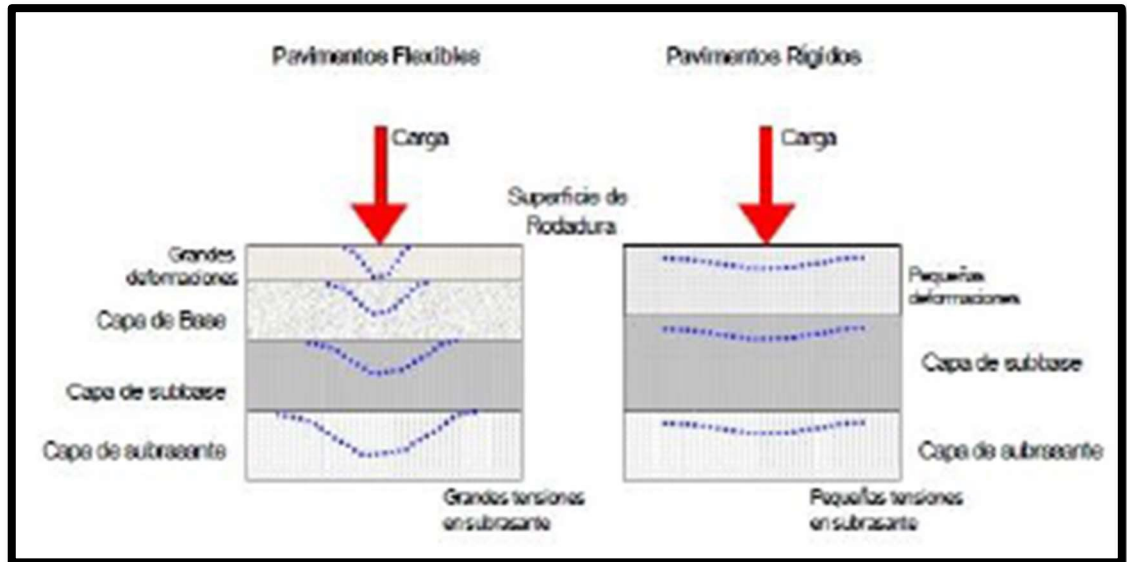
La finalidad principal de este manual es uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades en obras de carreteras.

## **2.3. Marco Teórico**

### **2.3.1. Pavimento**

El pavimento es una estructura multicapa diseñada para tener la capacidad de absorber las fuerzas ocasionadas por las cargas de tránsito, estas cargas son transmitidas a las capas inferiores en forma disipada, así se proporciona una superficie de rodadura.

Los pavimentos pueden ser flexibles y rígidos, y el comportamiento al momento de aplicar la carga es diferente el cual se aprecia en la siguiente imagen.



*Ilustración 1 Deformaciones en pavimentos rígidos y flexibles.*

Fuente. Ing. Cesar A. Ruiz

### 2.3.2. Tratamiento superficial

- Se considera como tratamiento superficial cualquier tipo de recubrimiento asfáltico delgado con espesor inferior a 40 milímetros. Sus funciones principales son impermeabilizar la superficie evitando la filtración de agua pluvial a las capas del pavimento, ayudar a recuperar y conservar la serviciabilidad de los pavimentos que presentan deterioros, mejorar la rugosidad de éstos, incrementar el confort y la seguridad de los usuarios. Los tratamientos superficiales contribuyen a preservar el estado que debe guardar una carretera, mejorando algunas de sus características. Esta solución ha sido reconocida por la buena relación costo-eficiencia, facilidad de colocación, rápida apertura al tráfico y porque puede emplearse en pavimentos rígidos o flexibles.
- Los tratamientos superficiales se usan comúnmente para:
  - Obtener una superficie de rodadura de bajo costo que sirva como capa de rodadura en el tiempo proyectado. ▪ Impermeabilizar la superficie del pavimento generando un mejor desempeño de éste.
  - ▪ Proporcionar una superficie antideslizante en aquellos pavimentos que han disminuido su Coeficiente de Fricción debido al desgaste y pulimento de los agregados, generando menor adherencia entre el neumático y el pavimento. Se



debe aplicar un tratamiento con agregados de alta densidad, angulares de forma cúbica, resistentes al pulimento.

- Rejuvenecer las superficies desgastadas y envejecidas, obteniendo una superficie uniforme, impermeable y que ayude a reflejar la luz.

Los tratamientos superficiales se presentan desde una simple y ligera aplicación de emulsión asfáltica hasta múltiples aplicaciones de capas de materiales asfálticos, cada una seguida de materiales pétreos.

En la actualidad, se puede encontrar una diversidad de tratamientos y combinaciones de éstos para mejorar su eficiencia. A continuación, se enlistan los diferentes tratamientos superficiales:

Riegos asfálticos impermeabilizantes y rejuvenecedores. Consisten en la aplicación de emulsión asfáltica modificada en sus propiedades o sin modificar:

- Riegos rejuvenecedores (riego de neblina, Fog Seal)
- Riegos asfálticos (Riegos rejuvenecedores con arena sílica o basáltica)

Tratamientos superficiales simples. Son aquellos en los que se aplica una capa uniforme de material asfáltico, sobre una carpeta de mezcla asfáltica o capa de base granular impregnada, seguida por una capa de material pétreo: Riegos de Sello

- Riego de sello sincronizado
- Riego de sello sincronizado premezclado
- Riego de sello sincronizado adicionado con fibra de vidrio Microaglomerados
- Mortero asfáltico
- Microaglomerado en frío

Tratamientos superficiales múltiples. Conocidos como sistemas bicapa o tricapa. Se aplican dos o tres capas de tratamiento superficial simple, el tamaño del material pétreo de cada una de las capas se recomienda se aproxime a la mitad del que conforme la capa anterior. Este tipo de tratamiento se utiliza cuando se requieren trabajos con mejor acabado de manera uniforme, obteniendo un tratamiento más denso e impermeabilizante con desempeño superior a lo que se puede obtener con un tratamiento superficial simple.

Existen trabajos de conservación que busca, al igual que los tratamientos superficiales, detener el deterioro de los pavimentos, evitando que ingrese agua en las capas granulares de éstos, tales como selladores para fisuras y grietas.

Tratamientos superficiales combinados. Son aquellos en los que se aplica más de un tipo de tratamiento superficial, buscando mejorar su funcionamiento:

- Cape Seal (Sello del cabo)
- Sellado de grietas y aplicación de algún tratamiento superficial

Las microcarpetas son tratamientos superficiales que buscan mejorar la superficie de rodamiento del pavimento. Entre las más conocidas se encuentran:

- Carpeta Asfáltica Superficial Altamente Adherida (CASAA)
- Stone Mastic Asphalt (SMA)
- Carpeta Delgada de Granulometría Abierta (Open Graded)

El funcionamiento de los tratamientos superficiales depende de varios factores:

- Condición de la capa del pavimento sobre la que se aplicará el tratamiento superficial
- Tipo de material asfáltico y material pétreo que se aplicará
- Determinación de las cantidades óptimas de material pétreo y asfáltico
- Tipo y condición del equipo
- Procedimiento constructivo
- Condiciones climatológicas

La construcción correcta de un tratamiento superficial inicia con la inspección exhaustiva de la superficie sobre la cual se pretende colocar el tratamiento. Esto usualmente requiere de una auscultación a pie del tramo a tratar, con el propósito de examinar los deterioros existentes, preferiblemente acompañados de equipos de alto rendimiento para auscultación de pavimentos. A continuación, se enlistan las fallas principales que deberán observarse y que servirán para realizar una selección correcta del tipo de tratamiento superficial a utilizar:

- Fisuraciones
- Grietas
- Baches
- Pulimento de agregados
- Desprendimiento de agregados
- Intemperismo
- Ondulaciones

La selección del tipo de tratamiento superficial a emplearse en el pavimento se encuentra en función de diferentes factores:

- La capacidad estructural que guarda el pavimento
- Los deterioros que se pretenden corregir
- La efectividad que pueda tener el tratamiento de acuerdo con el nivel de deterioros del pavimento
- El costo de los tratamientos en relación con otros
- La intensidad de tránsito vehicular
- El porcentaje de vehículos pesados
- La necesidad de reparar el pavimento antes de aplicar el tratamiento

Una vez seleccionado el tipo de tratamiento superficial, se debe realizar una buena elección del material considerando aquel que se encuentre cercano a la obra y su calidad se encuentre de acuerdo con las necesidades y el tipo de tratamiento, conforme a la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT o Normativa Internacional aplicable. De igual manera, deben cuidarse puntualmente las cantidades óptimas de material pétreo y asfáltico.

En los tratamientos superficiales se requiere que los agregados cumplan con características específicas para el buen funcionamiento de éstos, tales como el tamaño máximo, limpieza del agregado, forma de la partícula, dureza (capacidad de resistir la abrasión y degradación) y la absorción de la partícula, ya que estos son factores que afectan el rendimiento del agregado mineral.

Los asfaltos para los tratamientos superficiales deben tener las siguientes características:

Cuando se aplique el material asfáltico debe ser lo suficientemente fluido para cubrir la superficie de manera uniforme y lo suficientemente viscoso para conformar una capa uniforme, con el fin de evitar concentración de material en forma de montículos o que el tratamiento pueda correrse (derramar) fuera de la capa tratada.

- Una vez aplicado el material asfáltico, se debe mantener la consistencia requerida del mismo, antes de colocar el material pétreo cuando los trabajos así lo requieran.
- Una vez puesto en servicio el tratamiento (apertura al tránsito vehicular), el material asfáltico debe mantener ligado el tratamiento superficial con la superficie en la que se colocó, evitando así el desprendimiento de material.

En los trabajos de aplicación de tratamientos superficiales, además del equipo complementario y especial, se requieren cuatro equipos para su colocación:

- a) Dosificador de material asfáltico. Su propósito principal es la aplicación uniforme de material asfáltico en la superficie con la dosificación especificada.
- b) Dosificador de material pétreo. Su función es la aplicación de una cubierta uniforme de material pétreo, a una proporción especificada, sobre el material asfáltico previamente colocado.
- c) Compactador neumático. Es necesario para el acomodo de las partículas con el fin de que queden firmemente inmersas en el material asfáltico y apoyadas sobre su cara más plana. Un compactador de rodillo puede provocar que el material se triture, produciendo partículas finas.
- d) Barredora mecánica. Se utiliza para remover el polvo y la basura existente en la superficie antes de la aplicación del tratamiento y para remover las partículas de material pétreo sueltas después de la aplicación del tratamiento.

Es necesario analizar de manera particular la conveniencia de utilizar cualquier tipo de tratamiento, realizando una comparativa económica de cada uno, así como de la selección de materiales y su compatibilidad.

### **2.3.3. Ensayo de Geelong**

También conocida como prueba de erosión en cascada o prueba de goteo o prueba de Yttrup, desarrollada por Peter Yttrup y estudiantes de la Universidad de Deakin, Geelong, Australia. Consiste en liberar 100 ml de agua a través de un paño/esponja de 16 mm de ancho, en el rango de 20 a 60 mm, desde una distancia de 400 mm a una muestra inclinada 27°. Y mida la profundidad del agujero formado con una varilla de 3 mm de diámetro. Los resultados se evaluaron de acuerdo

con los criterios de la siguiente tabla. El prototipo que se muestra en la norma referenciada se detalla en la siguiente figura.

Tabla 1 Criterio de clasificación para la resistencia a la erosión

Propiedad	Criterio	Resultado
D (profundidad perforación) en mm	$0 < D \leq 15$	Apto
	$D > 15$	No apto
P (profundidad de penetración del agua) en mm	$P < 120$	Apto
	$P \geq 120$	No apto

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.

### **MÉTODO SAET**

El método SAET se caracteriza por el goteo de escorrentía. Se dejó fluir agua a través de un tubo de 5 mm de diámetro durante 10 minutos desde un tanque a un nivel de agua constante de 150 cm (1500 mm) con respecto a la altura de la muestra, el tanque en una posición inclinada 27°. varilla de diámetro profundidad de erosión a la que se forman los agujeros y se calcula la pérdida de peso debido a la escorrentía.

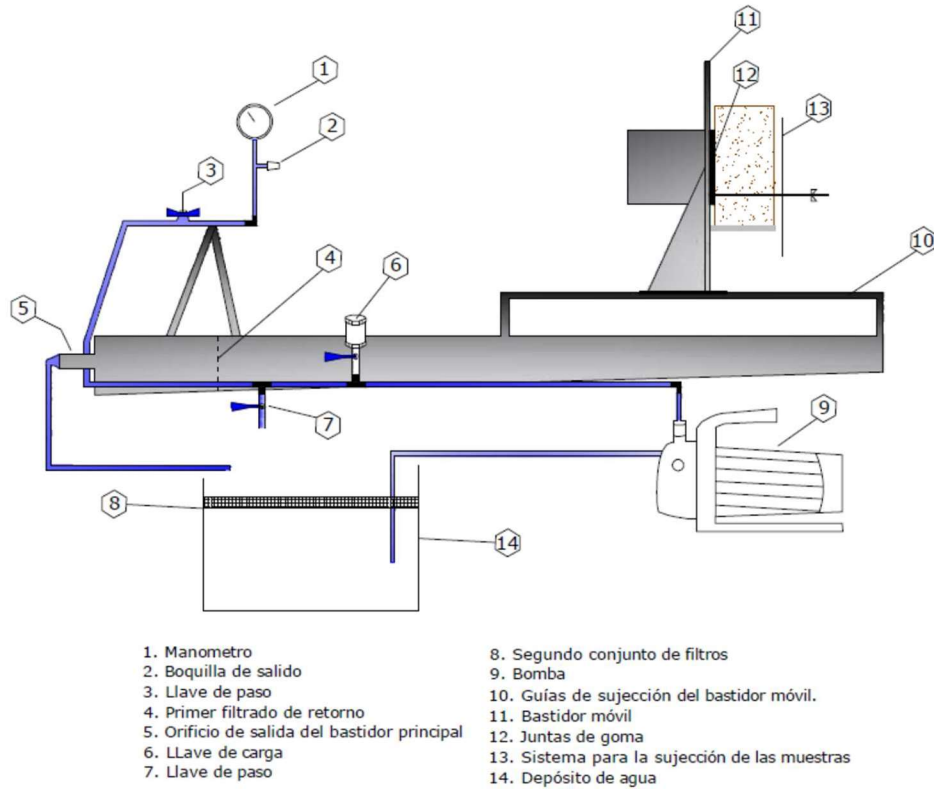
### **ENSAYO DE PULVERIZADO DE AGUA A PRESIÓN.**

Consiste en someter la muestra a agua a presión durante un tiempo determinado y observar el daño causado. Los procedimientos para dichas pruebas son los especificados en la Norma SLS 1282, NZS 4298 y la Norma IS 1725, y los parámetros para cada procedimiento son los siguientes:

### **PROTOTIPO DE MÁQUINA DE ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

El sistema desarrollado consta de un bastidor capaz de canalizar el agua aplicada sobre la muestra, vertiendo el agua sobre un depósito tras un filtrado de partículas de tierra desprendido del ensayo. El agua pulverizada a presión (1-4 bar) se consigue con un sistema de bombeo, y una boquilla que reproducir tamaños de gotas del orden de 1-3 mm de diámetro

similares al de la lluvia, gracias al sistema de rotación interna en el interior de esta (boquilla cónica serie “fulljet” GG-1550).



*Ilustración 2 Esquema general del prototipo de la máquina de ensayo. (Fuente: Cid Falceto, 2012)*

### **BASTIDOR Y SISTEMA DE PRESIÓN**

Este sistema consta de tres partes: bomba, manómetro y boquilla de salida. La bomba dispone de una llave de carga cada vez que se pone en funcionamiento el ensayo, tras una parada de tiempo que haga que esta se descargue. El manómetro utilizado tiene una escala.



*Ilustración 3 BOQUILLA DE PRESIÓN*

La boquilla cónica serie “fulljet” de ángulo estrecho GG-1550 de la empresa Spraying Systems Co propuesta por el investigador Australiano de la Universidad de Sydney (Heathcote.K.A, 2002) y puede ser adquirido en nuestro país vía on-line a través de la página web <http://www.spray.com.pe>



*Ilustración 4 Ensayo de chorro con máquina estándar*

#### **2.3.4. Determinación de la textura superficial del pavimento mediante ensayo del círculo de arena**

##### **OBJETO**

Se describe un procedimiento para determinar la profundidad de la macrotextura del pavimento aplicando un volumen conocido de material y midiendo posteriormente el área

total que cubre. El pavimento con una textura superficial significativamente permitirá un contacto más eficiente entre el neumático y la carretera (en términos de área de contacto).

## FINALIDAD Y ALCANCE

El procedimiento de prueba consiste en esparcir un volumen conocido de material sobre un pavimento limpio y seco, medir el área cubierta y luego calcular la profundidad promedio entre la parte inferior del pavimento y la parte superior del agujero. Agregado de pavimento. Esta medida de la profundidad de la textura refleja las características macroscópicas de la textura del pavimento. Los vacíos de la superficie se llenan completamente esparciendo el material especificado en este método de prueba. Este método de ensayo no es aplicable a pavimentos con profundidades de vacíos superficiales superiores a 25 mm.

Este método es adecuado para pruebas de campo para determinar la profundidad de macrotextura promedio del pavimento. El conocimiento de la profundidad de la macrotextura del pavimento se puede utilizar como herramienta para caracterizar la textura de la superficie. Cuando se usa junto con otras pruebas, los valores de profundidad de macrotextura derivados de este método se pueden usar para determinar la resistencia al deslizamiento del pavimento y la idoneidad del material de acabado o la técnica utilizada. Cuando se utiliza con otros ensayos, se debe tener cuidado de que todos los ensayos se apliquen en el mismo lugar. Los productos utilizan la información obtenida de esta manera para mejorar las prácticas de preparación y los planes de mantenimiento.

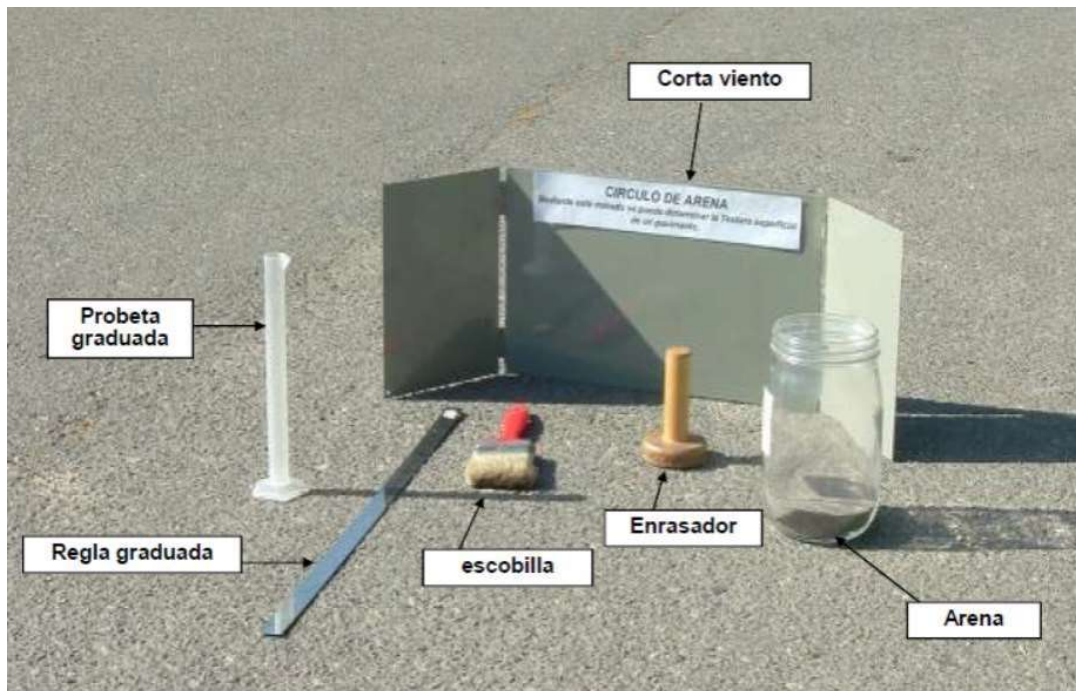
Las mediciones de profundidad de textura obtenidas con este método están influenciadas por las características de macrotextura del pavimento y no se ven afectadas significativamente por la microtextura. La forma, el tamaño y la distribución de los agregados durante el uso son problemas de calidad que no se abordan con este método. El pavimento con una textura superficial significativamente permitirá un contacto más eficiente entre el neumático y la carretera (en términos de área de contacto)

## EQUIPOS Y MATERIALES

Hay que conseguir arenas estandarizadas preparándolas en el laboratorio ya que hay que lavarlas, limpiarlas, secarlas y tamizarlas, existen principalmente dos tipos de arena. Por un lado se obtiene arena de moldeo 80/100, es decir arena de moldeo 100/200 que pasa por el tamiz 80 y es retenida por el tamiz 100, y la arena pasa por el tamiz 100 y es retenida por el



tamiz 100. 200 tamices. Como se mencionó anteriormente, esta arena debe estar libre de impurezas y debe estar seca en el momento de la prueba.



*Ilustración 5 Lista de equipos para ensayo de círculo de arena*

Recipiente con un volumen interno predeterminado de al menos 25 cm<sup>3</sup> que se utiliza para determinar el volumen de material a esparcir. Discos esparcidores planos y rígidos, de 25 mm de espesor y de 60 a 75 mm de diámetro, para esparcir material. La parte inferior del disco debe estar recubierta de goma lisa y su parte superior debe tener un asa para facilitar el agarre. Se usaron cepillos, uno con cerdas duras y el otro con cerdas suaves, para limpiar la superficie de prueba. Caja cortavientos, amplia pantalla para evitar las turbulencias del viento provocadas por el tráfico durante las pruebas. Regla de al menos 30 cm de longitud con subdivisiones al milímetro.

Equilibrio, se recomienda una sensibilidad de 0,1 g para garantizar que los materiales utilizados en la prueba sean iguales en masa y volumen. Calibración. En este aparato hay que tener especial cuidado en la limpieza de la arena y de los elementos de escala antes mencionados para no alterar las medidas obtenidas. Por lo tanto, la calibración en este caso se refiere a la estricta adherencia a la escala de la arena y el recipiente y los elementos de medición desarrollados por la prueba de intervención.

## PROCEDIMIENTO

Área de muestra. Examine el pavimento a evaluar y seleccione un área seca, uniforme y libre de singularidades como grietas o costuras. Limpie a fondo la superficie con un cepillo para eliminar cualquier residuo o material suelto de la superficie.



*Ilustración 6 Limpieza del área de trabajo para realizar ensayo de círculo de arena*

Coloque la caja protectora para viento alrededor del área a ensayar.

Material de muestra. Llene un cilindro de volumen conocido con arena seca y golpee suavemente el fondo del cilindro a medida que se llena. Agregue más material para llenar el cilindro hasta la parte superior, luego use una regla para nivelarlo. Si tiene una balanza de laboratorio, determine la masa de material dentro del cilindro graduado e intente usar esta cantidad en cada prueba.



*Ilustración 7 Medición de la cantidad arena para el ensayo*

Medidas de laboratorio Vierta un volumen o masa de material sobre una superficie limpia dentro del área de protección contra el viento. Esparza cuidadosamente el material en un patrón circular con una bandeja plana, usando su lado de goma para este propósito, llenando la cavidad de la superficie al ras con la parte superior del agregado de la capa de desgaste.

El diámetro del área cubierta por el material se mide y registra tomando cinco medidas

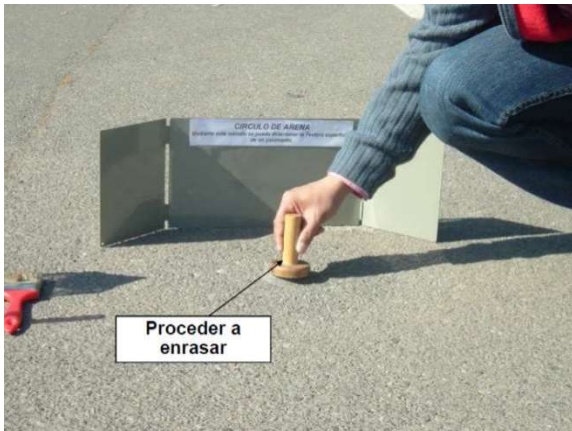
también espaciadas en el círculo. Calcule y registre el promedio de cinco medidos.

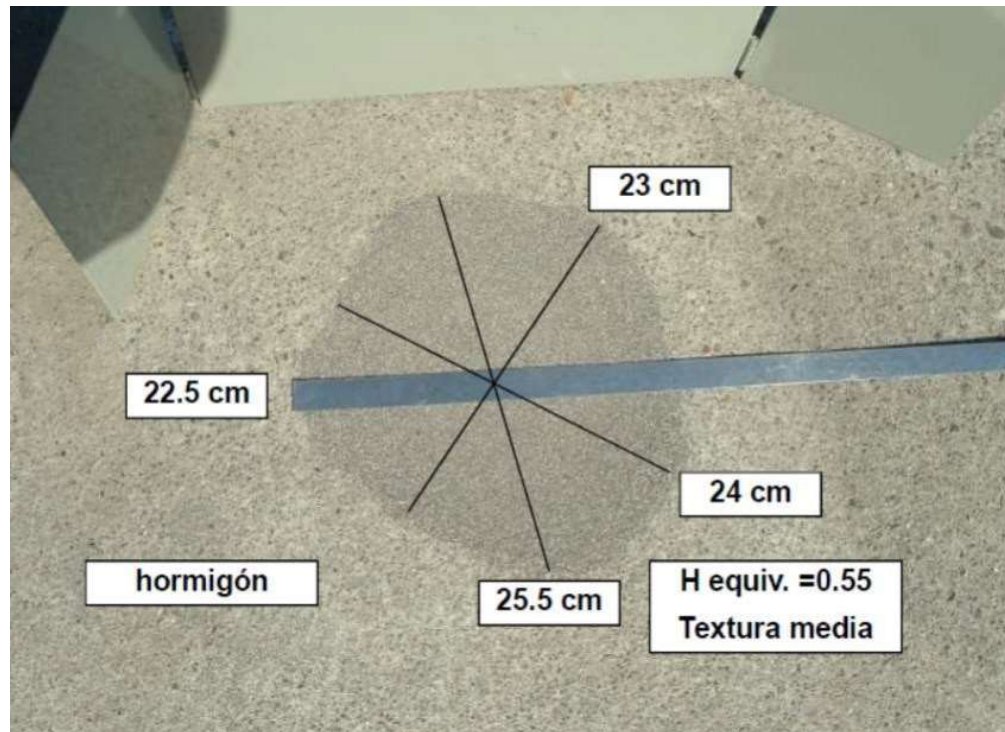
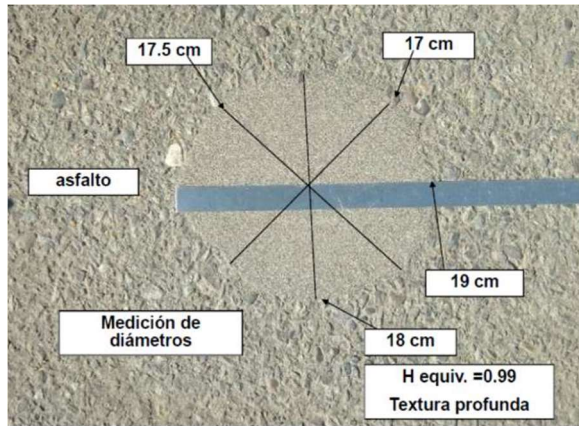


*Ilustración 8 Vertido de la arena al pavimento*

Para superficies muy lisas donde el diámetro del área de material esparcido es mayor a 30,5 mm, es recomendable reducir a la mitad el volumen de material a utilizar.







*Ilustración 9 Múltiples mediciones del diámetro del círculo de arena formado*

## CÁLCULOS E INFORME

Volumen del cilindro, calcule el volumen interno del cilindro como:

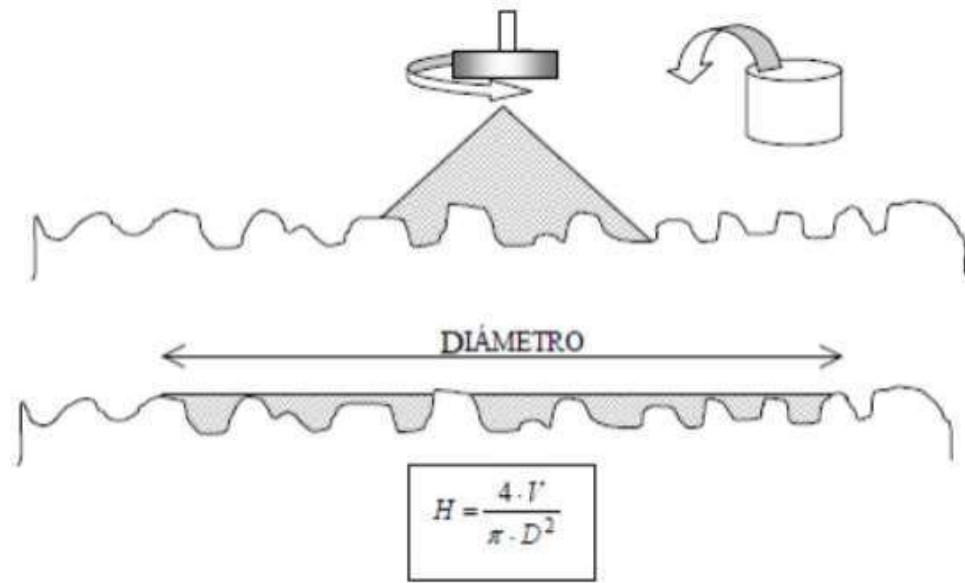
$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$$

Donde:

V: Volumen interno del cilindro, mm<sup>3</sup>

D: Diámetro interno del cilindro, mm

h : Altura del cilindro, mm



*Ilustración 10 Esquema del esparcido de la arena en el pavimento.*

Promedio de profundidad de macrotextura del pavimento, calcule el promedio de profundidad de macrotextura usando la siguiente ecuación.

$$MDT = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

MTD: Profundidad media de macrotextura, mm.

V: Volumen de arena utilizada, mm<sup>3</sup>

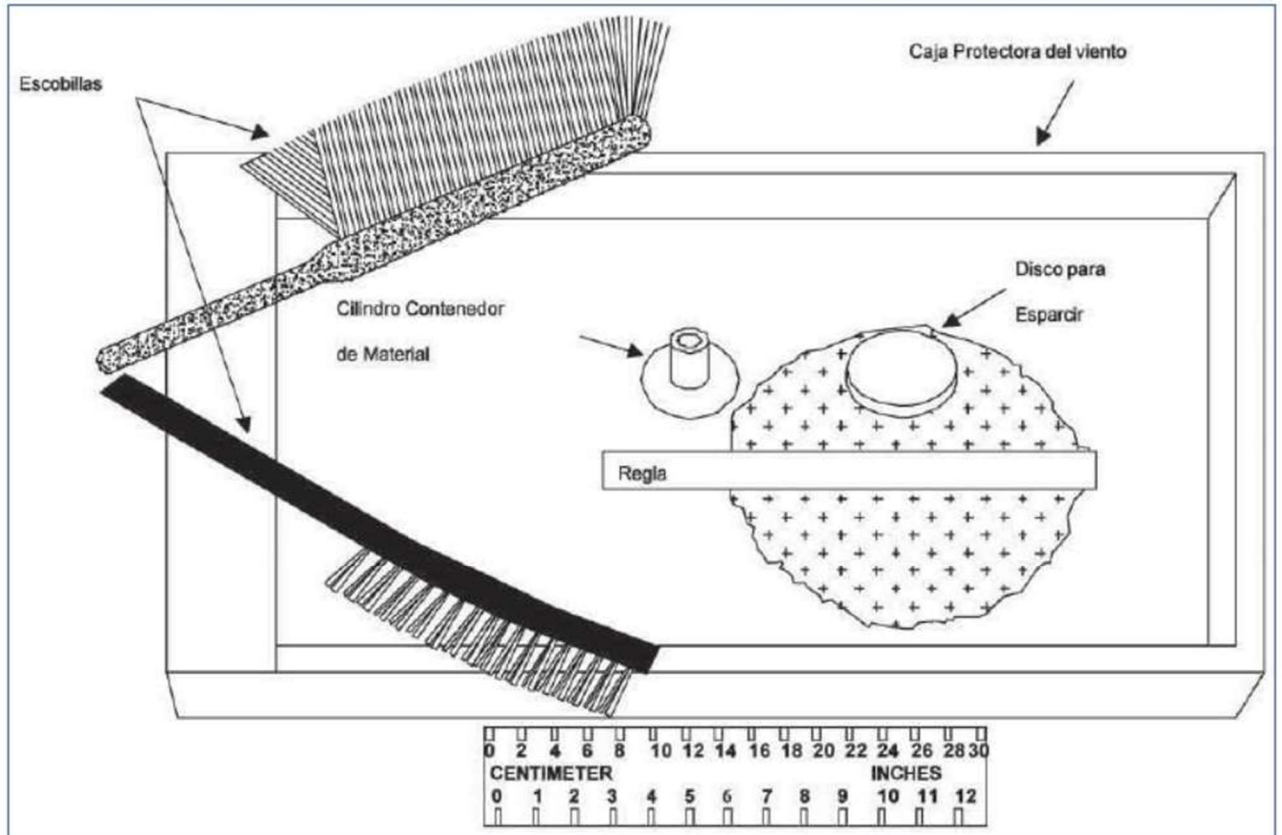
D: Diámetro promedio del área cubierta por la arena, mm.

El informe de cada superficie de pavimento evaluada debe contener la siguiente información:

Ubicación e identificación de la superficie evaluada y los puntos ensayados.

Fecha. Volumen de material utilizado en cada ensayo realizado,  $\text{cm}^3$ . Número de mediciones realizadas en el sector. Diámetro promedio del área cubierta con material, mm, para cada ensayo. Promedio de profundidad de textura, mm, para cada ensayo.

Promedio de profundidad de textura, mm, para el total de la superficie evaluada.



*Ilustración 11 APARATO PARA MEDIR PROFUNDIDAD DE MACROTEXTURA DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO*



Tipo de Textura	H (profundidad media) mm
<b>Textura muy fina</b> <i>(No deben utilizarse)</i>	< 0.2
<b>Textura fina</b> <i>(Zonas urbanas de baja velocidad)</i>	0.2 < H < 0.4
<b>Textura media</b> <i>(Velocidades entre 80 y 120 km/h)</i>	0.4 < H < 0.8
<b>Textura profunda</b> <i>(Velocidades mayores a 120 Km/h)</i>	0.8 < H < 1.2
<b>Textura muy profunda</b> <i>(Curvas peligrosas, alta precipitación)</i>	1.2 < H

Tabla 2 TABLA DE RANGO DE TEXTURAS

## 2.4. Hipótesis De La Investigación

### 2.4.1. Hipótesis General

La adición del yeso incrementa la resistencia a la erosión de tratamientos superficiales, sometido al ensayo de erosión acelerada de Geelong Huancayo 2021.

### 2.4.2. Hipótesis Especificas

- a) La adición de yeso reduce la **pérdida de peso** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.
- b) La adición de yeso reduce la **profundidad máxima de erosión** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.
- c) La adición de yeso reduce la **macrotextura** de la capa de tratamiento superficial evaluada con ensayo de circulo de arena, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

**Fenómeno de bombeo (Y);** fenómeno producido en las juntas de las losas de pavimentos rígidos por la presencia de agua, la presencia de esta produce la pérdida de finos.

**Mortero de cemento (X);** compuesto producido con agua y cemento que se añadirá al material granular para poder evitar la pérdida de finos.

### 2.6. Definición Operacional De Variables

La forma matemática de como las variables se comporta:

$Y = F(X)$ , donde:

X = Variable dependiente.

Y = Variable independiente.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Diseño De La Investigación**

#### **3.1.1. Tipo y Nivel De Investigación**

El tipo de investigación es:

Por el fin que persigue; investigación aplicada, ya que busca modificar o cambiar un problema.

Por los datos que se analiza; investigación cuantitativa, se recolectara datos y se analizara los datos obtenidos y así poder contrastar la hipótesis mediante la estadística.

Por la metodología para demostrar la hipótesis; investigación experimental, se manipula la variable independiente y se determina y una causa efecto.

El nivel de investigación es: Investigación explicativa; se explicará las variables mediante una causa efecto que se produce entre ellas.

#### **3.1.2. Método Y Diseño De La Investigación**

##### **3.1.2.1. Método**

Método experimental, ya que se manipula una o más variables independientes y esto ocasiona que las demás variables cambien.

##### **3.1.2.2. Diseño**

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, ya que se tendrá un grupo de control el cual son los resultados del material en estado natural, y con ello se observará los resultados que se obtendrá al manipular la variable dependiente.

Oc ---- Xc ---- Mc

O1 ---- X1 ---- M1

### **3.2. Población Y Muestra**

#### **3.2.1. Población**

Material pavimentos de la provincia de Huancayo región Junín.

#### **3.2.2. Muestra**

Tratamiento superficial de las vías de Huancayo.

### **3.3. Técnicas E Instrumentos para recolección de datos**

#### **3.3.1. Técnicas**

- Extracción de muestra de cantera de Pilcomayo, la cantidad necesaria para los ensayos.
- Caracterización del material granular
- Determinación del diseño del tratamiento superficial
- Realización de moldes mezcla asfáltica para tratamiento superficial
- Pruebas de Geelong o erosión acelerada en mezcla patrón.
- Realización de moldes del material asfáltico con adición materiales varios y aplicar el ensayo de Geelong.
- Análisis de datos estadísticos, interpretación y elaboración de conclusiones y recomendaciones.

#### **3.3.2. Instrumentos**

- Balanza.
- Moldes de granulometría
- Mallas según tamaño
- Ensayo de Geelong mediante chorro de agua

### **3.4. Plan de recolección y procesamiento de datos**

Todos los datos obtenidos son a través de ensayos realizados con instrumentos calibrados.

Los ensayos están regidos a las normas del país actualmente en los cuales nos indica la manera correcta de realizar los ensayos.

Para el procesamiento se utilizó los programas:

- Excel; mediante el programa de Excel se realizará el procesamiento de datos de los ensayos que se realizara en el laboratorio, se desarrollará tablas donde se muestre de manera clara y explicativa los ensayos y resultados obtenidos; realizando los siguientes pasos.

Elaboración de tablas donde se muestre el desarrollo de los datos que se obtendrán en laboratorio.

Programar las fórmulas para los diferentes ensayos que se realizaran.

Introducir los resultados obtenidos en las tablas ya programadas y así se obtendrán los datos que se necesitarán para validar la hipótesis.

- □ SPSS; mediante el programa SPSS se realizará el desarrollo de estadístico de los datos obtenidos luego de los ensayos realizados, la normalidad o no normalidad de datos que se pudiera obtener, las gráficas de tendencia también se obtendrán mediante este programa; siguiendo estos pasos.

## CAPÍTULO IV PROCEDIMIENTO Y ENSAYOS

Los ensayos realizados a los materiales se hicieron para varias muestras:

- Muestras para la base granular
- Muestras para tratamiento superficial

### 4.1. Obtención de muestra

Las muestras se obtuvieron de 2 canteras: las muestras de para la base granular se obtuvieron de la cantera de Chupuro, mientras que las muestras del agregado para el tratamiento superficial se obtuvieron de una planta chancadora de Pilcomayo.



*Ilustración 12 Planta chancadora de Pilcomayo*

Se adquirió 6 sacos de un aproximado de 45 kg cada 1, 3 de arena chancada y 3 de piedra chancada de entre  $3/8$  a  $3/4$ . Este material fue usado para obtener las 5 granulometrías especificadas para tratamientos superficiales, granulometría uso 5, 6, 7, 8 y 9, que serán clasificados y remezclados para coincidir con los usos recomendados.



*Ilustración 13 Cantera Chupuro – Material Granular*

De esta cantera de Chupuro, se llevó 4 sacos de 30 kg, de material para base granular, estas se usarán para conformar una base granular de 5 cm de espesor, en un molde de 30 cm x 30 cm. este paso por los ensayos de caracterización como la granulometría, ensayo de Proctor y CBR.

## **4.2. Preparación de la base granular e imprimación**

### **4.2.1. Base granular**

Las muestras se secaron a 110°C hasta obtener un peso constante, luego se seleccionó una serie de tamices del tamaño apropiado para cumplir con las especificaciones del material particulado que se estaba probando. Los tamices se disponen en orden descendente de tamaño de apertura, y se coloca una muestra de 5 kg en el tamiz superior y se tamiza manualmente durante el número de minutos apropiado.

Limitar la cantidad de material en un tamiz determinado, de forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.

Se obtuvo el siguiente resultado del análisis granulométrico.

Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.200	-		-	100.00
2 1/2"	63.500	-		-	100.00
2"	50.600	-		-	100.00
1 1/2"	38.100	-		-	100.00
1"	25.400	-	-	-	100.00
3/4"	19.050	-	-	-	100.00
1/2"	12.700	-	-	-	100.00
3/8"	9.525	2,625.0	52.50	52.50	47.50
1/4"	6.350	250.0	5.00	57.50	42.50
No4	4.760	125.0	2.50	60.00	40.00
8	2.360	525.0	10.50	70.50	29.50
10	2.000	100.0	2.00	72.50	27.50
16	1.190	225.0	4.50	77.00	23.00
20	0.840	125.0	2.50	79.50	20.50
30	0.600	150.0	3.00	82.50	17.50
40	0.420	175.0	3.50	86.00	14.00
50	0.300	125.0	2.50	88.50	11.50
60	0.250	50.0	1.00	89.50	10.50
80	0.180	100.0	2.00	91.50	8.50
100	0.149	100.0	2.00	93.50	6.50
200	0.074	75.0	1.50	95.00	5.00
< 200	0.01	250.00	5.00	100.0	-

*Tabla 3 Tabla de análisis granulométrico de la base granular*

También usando el uso recomendado por las especificaciones técnicas para proyectos que se encuentran a más de 3000 msnm. Como indica las especificaciones técnicas: *La composición final de los materiales presentará una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos de una de las franjas granulométricas que se indican en la Tabla 403-01 Para las zonas con altitud iguales o mayores a 3.000 msnm. se deberá seleccionar la gradación "A".*



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 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: ASTM D 1241

Tabla 4 Tabla de usos granulométrico de bases granulares para carreteras

Luego se graficó el uso granulométrico A con los resultados de los porcentajes pasantes del material, concluyendo que se encuentra dentro del uso granulométrico y que es válido para usarse como base granular.

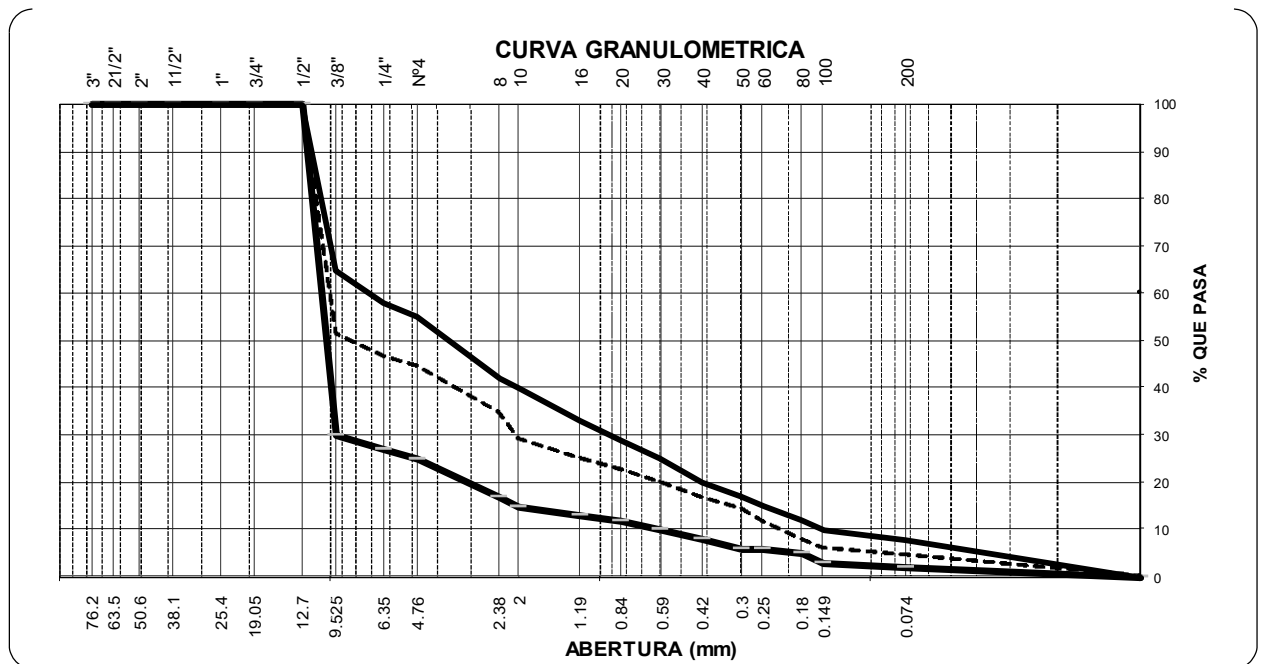


Ilustración 14 Gráfica de uso granulométrico A y curva granulométrica de la muestra

#### 4.2.2. Proctor Modificado

Con los resultados de la granulometría se estableció que el método de trabajo para el ensayo de Proctor sería el método C, con el molde de 6".

Se prepararon cuatro muestras de contenido de humedad para que su contenido de humedad estuviera cerca del mejor contenido de humedad estimado. Primero se debe preparar una muestra con un contenido de humedad casi óptimo para el cálculo agregando agua y mezclando. El contenido de humedad de las muestras restantes se reemplazó para obtener al menos dos muestras húmedas y dos muestras secas de acuerdo con el contenido de humedad óptima, que varió alrededor del 2%. Para definir con precisión la curva de compactación de peso seco unitario, se requieren al menos dos contenidos de humedad en los lados óptimos seco y húmedo.



*Muestra de material granular*

Cabe señalar que algunos suelos con un contenido de humedad óptima muy alto o curvas de compactación relativamente planas persistieron un gran aumento en el contenido de humedad para

lograr un peso base seco máximo bien definido. El aumento del contenido de agua no debe superar el 4%, lo que no ocurre con nuestros suelos. En cada muestra compactada se utilizó aproximadamente 5,9 kg de suelo tamizado. Para obtener el contenido de humedad de las muestras indicadas en esta prueba, agregue la cantidad de agua requerida de la siguiente manera: agregue el agua poco a poco al suelo la mezcla; para eliminar la humedad, deje el suelo a temperatura ambiente en aire medio seco. Una vez hecho el molde, se toma una muestra para determinar el contenido de humedad, que es el peso del molde.



*Compactación del material granular en el molde de 6''*

En una hoja de Excel se procedió a anotar y calcular los siguientes valores: Peso del suelo + molde Grs, Peso del molde Grs, Peso de la muestra húmeda Grs, Volumen del molde cc, Densidad húmeda Gr/cc, Recipiente N°, Peso muestra húmeda + tara Grs, Peso muestra seca + tara Grs, Peso del agua Grs, Peso de la tara Grs, Peso de la muestra seca Grs, Contenido de humedad %, Densidad seca Gr/c.c. como indica la siguiente tabla.

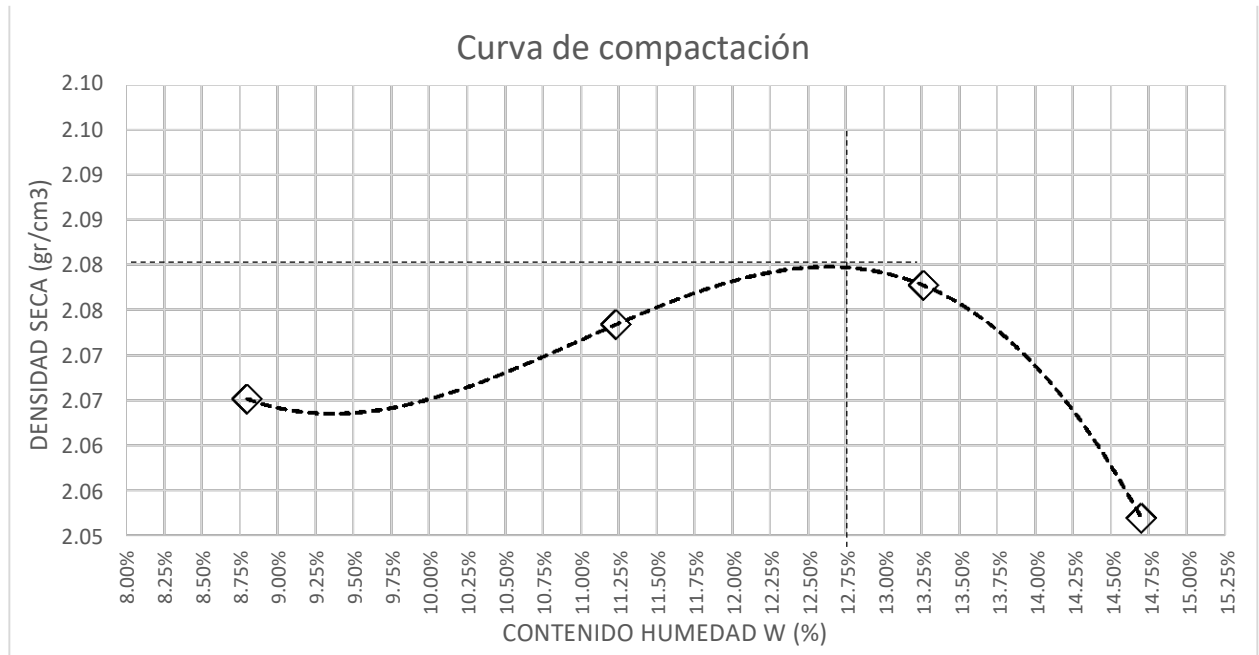


MUESTRA SACADA DEL MOLDE Y LLEVADA AL HORNO

<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO</b>				
<b>Ensayo N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso del suelo + molde Grs.	11,271	11,396	11,496	11,496
Peso del molde Grs.	6,521	6,521	6,521	6,521
Peso de la muestra húmeda Grs.	<b>4,750</b>	<b>4,875</b>	<b>4,975</b>	<b>4,975</b>
Volumen del molde c.c.	2,114	2,114	2,114	2,114
Densidad húmeda Gr/c.c.	<b>2.25</b>	<b>2.31</b>	<b>2.35</b>	<b>2.35</b>
Recipiente N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso muestra húmeda + tara Grs.	362.05	354.95	361.50	348.90
Peso muestra seca + tara Grs.	340.35	328.4	330.65	317
Peso del agua Grs.	<b>21.70</b>	<b>26.55</b>	<b>30.85</b>	<b>31.90</b>
Peso de la tara Grs.	93.65	456.00	456.00	455.00
Peso de la muestra seca Grs.	<b>246.70</b>	<b>236.43</b>	<b>232.64</b>	<b>217.02</b>
Contenido de humedad %	<b>8.80%</b>	<b>11.23%</b>	<b>13.26%</b>	<b>14.70%</b>
Densidad seca Gr/c.c.	<b>2.07</b>	<b>2.07</b>	<b>2.08</b>	<b>2.05</b>
			<b>DENS. MAX. =</b>	<b>2.08</b>
			<b>HUM. OPT. =</b>	<b>12.75</b>

Tabla 5 Tabla con resultados de Proctor del material de base

Graficando los resultados se obtuvo la curva de compactación donde se obtiene que la máxima densidad seca MDS = 2.08% y el óptimo contenido de humedad es 12.75%, estos datos servirán para dosificar las muestras para el ensayo de CBR.



*Ilustración 15 curva de compactación del suelo granular*

#### 4.2.3. Valor de soporte california CBR

Con los datos de OCH obtenidos se elaboraron los moldes de CBR, el óptimo contenido de humedad usado fue 12.75%. Se procedió como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada, se tomó la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.





*Secado de material en estufa*

Elaboración de especímenes. Se pesó el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro. Una vez preparado el molde, se compacto el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima.



*Ilustración 16 MOLDES Y PESAS PARA EL ENSAYO DE CBR*

Terminada la compactación, se quitó el collar y se enraso el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Se desmontó el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base y se pesó.

ENSAYO DE CBR - ASTM D1883				
Molde N°		A	B	C
Cajas N°		5	5	5
N° de golpes por capa		56	25	10
<b>CONTRACCION DE LA MUESTRA</b>				
Peso del suelo húmedo + molde Grs.		13,437	13,533	13,004
Peso del molde Grs.		8,320	8,595	8,185
Peso del suelo húmedo		<b>5,117</b>	<b>4,938</b>	<b>4,819</b>
Volumen del molde c.c.		2,151	2,123	2,123
Densidad húmeda Gr/c.c.		<b>2.38</b>	<b>2.33</b>	<b>2.27</b>
Tara N°		1	2	3
Tara + suelo húmedo		350.25	359.15	373.05
Tara + suelo seco		321.65	329	343.30
Peso del agua		<b>28.60</b>	<b>30.15</b>	<b>29.75</b>
Peso de la tara		93.12	89.90	105.07
Peso del suelo seco		<b>228.53</b>	<b>239.10</b>	<b>238.23</b>
% de humedad		<b>12.51%</b>	<b>12.61%</b>	<b>12.49%</b>
Densidad Seca Gr/c.c.		<b>2.11</b>	<b>2.07</b>	<b>2.02</b>

*Tabla 6 Tabla con resultados de CBR del material de base.*



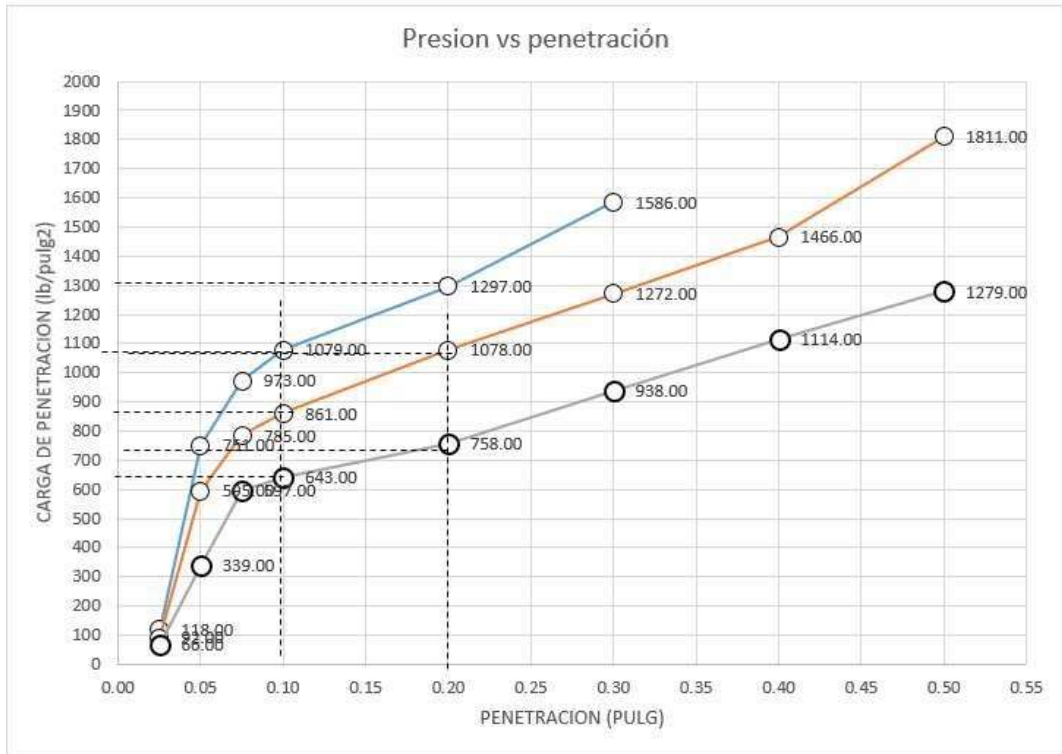
*Molde sumergido en agua junto con las pesas*



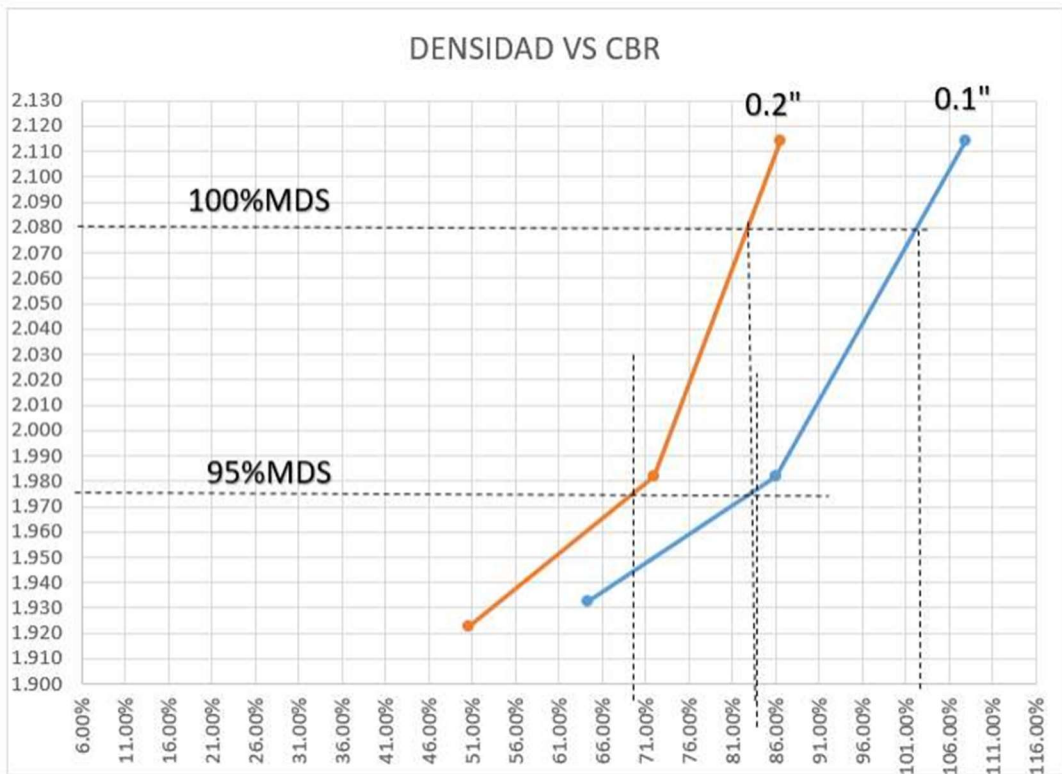
*Ensayo de penetración*

PENETRACIÓN pulg	56 golpes			25 golpes			10 golpes		
	DIAL	Lb	lb/pulg2	DIAL	Lb	lb/pulg2	DIAL	Lb	lb/pulg2
0.0250	30	354.00	118.00	22	276.00	92.00	14	198.00	66.00
0.0500	221	2253.00	751.00	174	1785.00	595.00	97	1017.00	339.00
0.0750	288	2919.00	973.00	231	2355.00	785.00	174	1791.00	597.00
0.1000	320	3237.00	<b>1079.00</b>	254	2583.00	<b>861.00</b>	188	1929.00	<b>643.00</b>
0.2000	386	3891.00	<b>1297.00</b>	319	3234.00	<b>1078.00</b>	223	2274.00	<b>758.00</b>
0.3000	473	4758.00	1586.00	378	3816.00	1272.00	277	2814.00	938.00
0.4000				437	4398.00	1466.00	330	3342.00	1114.00
0.5000				541	5433.00	1811.00	380	3837.00	1279.00





*Ilustración 17 Curvas de esfuerzo – penetración*



*Ilustración 18 Curvas densidad – CBR para 0.1" y 0.2" de penetración*

RESULTADOS DEL CBR	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	4 días
SOBRECARGA	10 libras
HINCHAMIENTO PROMEDIO	0.01%
CBR(95% de la MDS y 0.1" de penetración)	83.00
CBR(100% de la MDS y 0.1" de penetración)	<b>101.00</b>
CBR(95% de la MDS y 0.2" de penetración)	70.00
CBR(100% de la MDS y 0.2" de penetración)	83.00

*Tabla 7 Tabla resumen de resultados de CBR del material granular*

#### **4.2.4. Preparación de la muestra de base**

Con este material, se elaboraron las muestras de base en molde de 30cm x 30cm, con los datos de OCH, y la energía de compactación similar al Proctor.



*Ilustración 19 Molde y Plancha compactadora*



*Ilustración 20 Compactación de Base Granular en el Molde*

Se elaboró un total de 120 moldes en 4 etapas de 30 moldes, empezando con las muestras sin adición de yeso, 15 muestras para 5 granulometrías y 3 puntos por cada 1. Luego para la adición de 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 3%, 4% y 5%.

### **4.3. Colocación de capa de tratamiento superficial**

Para la elaboración de la capa de tratamiento superficial, se trabajó con 5 granulometrías en función de los 5 husos indicados en las Especificaciones Técnicas de la construcción de carreteras. Según se indica en el cuadro adjunto.

Nº de Huso	Tamaño Normal de agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)								
		1 1/2 (37,5 mm)	1 (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	Nº 4 (4,75 mm)	Nº 8 (2,36 mm)	Nº 16 (1,18 mm)	Nº 50 (300 um)
5	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	100	90-100	20-55	0-10	0-5				
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")		100	90-100	20-55	0-15	0-5			
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)			100	90-100	40-70	0-15	0-5		
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n.º 8)				100	85-100	10-30	0-10	0-5	
9	4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)					100	85-100	10-40	0-10	0-5

*Tabla 8 Rangos de gradación para tratamientos superficiales*

Sobre la base tratada, se procedió a colocar diferentes dosificaciones de agregado y de asfalto, dependiendo del tipo de granulometría. Las dosificaciones utilizadas fueron:

Tamaño Nominal de agregado	Nº Huso <sup>(b)</sup> Granulométrico	Cantidad de Agregado m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Cantidad de <sup>(a)</sup> Asfalto l/m <sup>2</sup>	Tipo y Grado de Asfalto	
				Tiempo cálido (+26,7°C)	Tiempo frío (06 a 26,7°C)
25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	5	0,017	1,90	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 2 PEN 120-150	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 120-150
19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")	6	0,012	1,68	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 120-150	MC 800 RC 800 RS 2 CRS 1, 2
12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)	7	0,008	1,04	MC 3000 RC 800, 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 200-300	MC 800 RC 250,800 RS 2 CRS 1, 2
9,5 mm a 2,36mm (3/8" a n.º 8)	8	0,006	0,86	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2
4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)	9	0,004	0,59	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2

Tabla 9 Cantidades aproximadas de material para tratamiento superficial simple



Ilustración 21 Moldes se 30cm x 30cm de tratamiento superficial



El asfalto usado para la elaboración de las muestras de tratamiento superficial fue el MC30. Sobre la superficie tratada se colocó primero el asfalto y luego el agregado de las proporciones indicadas en los cuadros y luego se compacto con un pisón. Antes de iniciar el ensayo de Geelong se procedió al ensayo de círculo de arena.

#### **4.4. Ensayo de Geelong.**

En este ensayo de pulverizado de agua a presión, ensayo de erosión acelerada se basa en someter a la muestra a la acción de agua a presión durante un lapso de tiempo determinado, y observar visualmente los daños causados. Prueba empírica desarrollada por el antiguo Centro Nacional de Tecnología del Edificio – NBTC (Nacional Building Technology Centre), ahora conocido como Organización de Investigación científica e Industrial de la Commonwealth – CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) de Australia. También se puede encontrar bajo el nombre de ensayo de erosión acelerada EBS, de Experimental Building Station predecesor de NBTC. En la siguiente tabla se puede observar las principales especificaciones de los documentos analizados.



*Ilustración 22 Ensayo de erosión acelerada de Geelong para la muestra con G5*

En varios de los casos analizados, las especificaciones técnicas probadas fueron exactamente las mismas en cuanto a presión de agua, diámetro de tubería, distancia de aplicación, tiempo de aplicación, área expuesta y procedimiento. El tiempo de rociado en SLS-1382 es de 15 minutos, o hasta que pase la muestra. Una vez completado, se debe medir la profundidad del pozo resultante con una varilla de punta plana de 10 mm de diámetro, lo que da la máxima profundidad dividida por el índice de erosión de 15 minutos, o en caso de estar atravesado, el tiempo total entre ellos. Para la interpretación de los criterios de evaluación, la pérdida de peso del material total de la muestra debe ser menor o igual al 5% de su peso; para la validez de la muestra, también se establece el índice de erosión según la Norma de Nueva Zelanda NZS 4298 (SNZ 1998b).



*Ilustración 23 Ensayo de erosión acelerada de Geelong – chorros 15 min*



*Ilustración 24 Ensayo de erosión acelerada de Geelong para la muestra con G6*

Para tener una lectura sistemática del cambio de peso de las muestras se realizó el procedimiento de pesado en las siguientes etapas.

- W BASE (kg): peso del molde más base granular compactada
- W BASE + W TSM (SECO SIN EROSION): peso del molde más base granular compactada, más tratamiento superficial, antes de someter al ensayo de erosión.
- W tratamiento superficial: Es un cálculo que resulta de restar W BASE + W TSM (SECO SIN EROSION) - W BASE (kg). Con esta diferencia se puede calcular el peso del tratamiento superficial.
- W BASE + W TSM (SECO CON EROSION): Peso del molde más base granular compactada, más tratamiento superficial, después de someter al ensayo de erosión.
- Pérdida de peso (%): Este es un cálculo resultante de dividir  $(W \text{ BASE} + W \text{ TSM (SECO CON EROSION)} - (W \text{ BASE} + W \text{ TSM (SECO SIN EROSION)})) / (W \text{ BASE} + W \text{ TSM (SECO SIN EROSION)})$
- Profundidad máxima de erosión (mm): también se midió la profundidad de la erosión.



*Ilustración 25 Muestra erosionada después del ensayo de Geelong*



MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	% YESO	Dimensión del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSIÓN)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSIÓN)	Pérdida de peso (%)	Profundidad máxima de erosión (mm)
M 01	5.00	2.50	0.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.270	4.208	13.956	2.20%	4.9
M 02	5.00	2.50	0.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.106	4.208	13.725	2.70%	1.9
M 03	5.00	2.50	0.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.350	4.253	13.934	2.90%	3.6
M 04	5.00	2.50	0.50%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	4.185	13.671	2.80%	2.5
M 05	5.00	2.50	0.50%	30 cm x 30 xm	9.792	14.096	4.095	13.800	2.10%	3.2
M 06	5.00	2.50	0.50%	30 cm x 30 xm	10.008	14.289	4.230	13.904	2.70%	2.6
M 07	5.00	2.50	1.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.062	4.073	13.795	1.90%	3.6
M 08	5.00	2.50	1.00%	30 cm x 30 xm	9.846	14.144	4.208	13.917	1.60%	4.1
M 09	5.00	2.50	1.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.324	4.163	14.137	1.30%	1.4
M 10	5.00	2.50	1.50%	30 cm x 30 xm	9.864	14.158	4.253	13.974	1.30%	1.3
M 11	5.00	2.50	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.039	4.253	13.884	1.10%	3.9
M 12	5.00	2.50	1.50%	30 cm x 30 xm	9.972	14.260	4.185	14.032	1.60%	1.3
M 13	5.00	2.50	2.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	4.163	13.587	3.40%	1.7
M 14	5.00	2.50	2.00%	30 cm x 30 xm	9.810	14.108	4.118	13.600	3.60%	3.9
M 15	5.00	2.50	2.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.289	4.185	13.818	3.30%	4.3
M 16	5.00	2.50	3.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.080	4.140	13.348	5.20%	5.8
M 17	5.00	2.50	3.00%	30 cm x 30 xm	9.738	14.016	4.140	13.273	5.30%	6.4
M 18	5.00	2.50	3.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.342	4.185	13.581	5.30%	5.4
M 19	5.00	2.50	4.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.242	4.185	13.159	7.60%	6.4
M 20	5.00	2.50	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.217	4.185	13.194	7.20%	7.3
M 21	5.00	2.50	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.240	4.095	13.172	7.50%	6.9
M 22	5.00	2.50	5.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.332	4.095	13.286	7.30%	5.9
M 23	5.00	2.50	5.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.317	4.253	13.301	7.10%	7.3
M 24	5.00	2.50	5.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.217	4.230	13.194	7.20%	6.3

*Tabla 10 Resultados del ensayo de erosión acelerada para tratamiento superficial elaborada con granulometría G5*

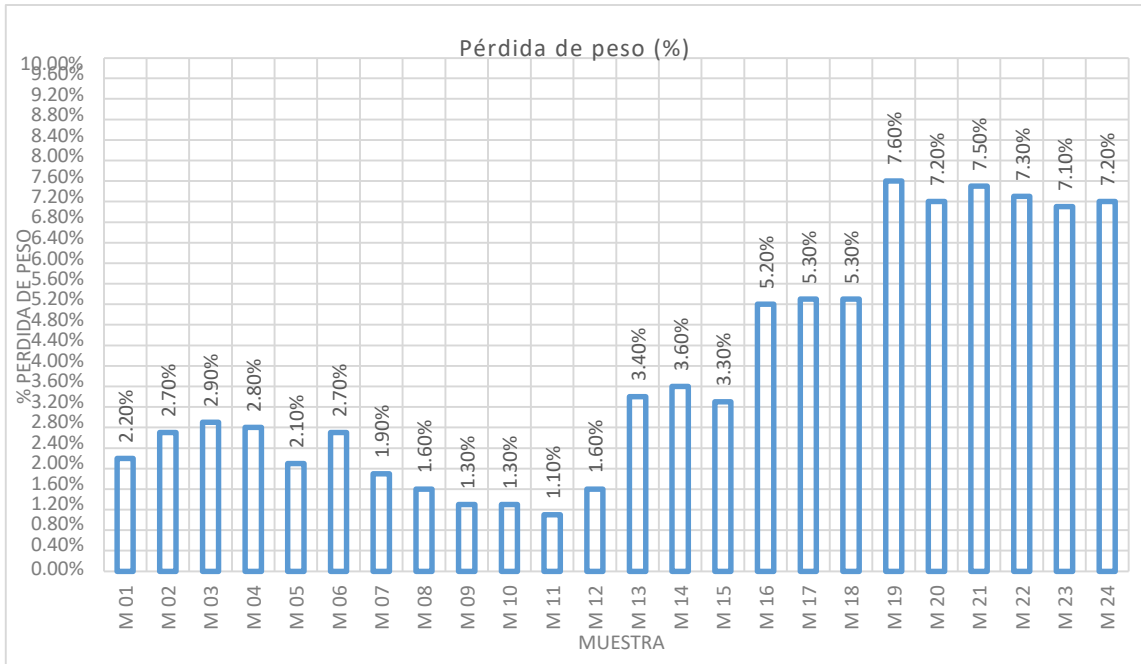


Ilustración 26 Diagrama de barras resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G5

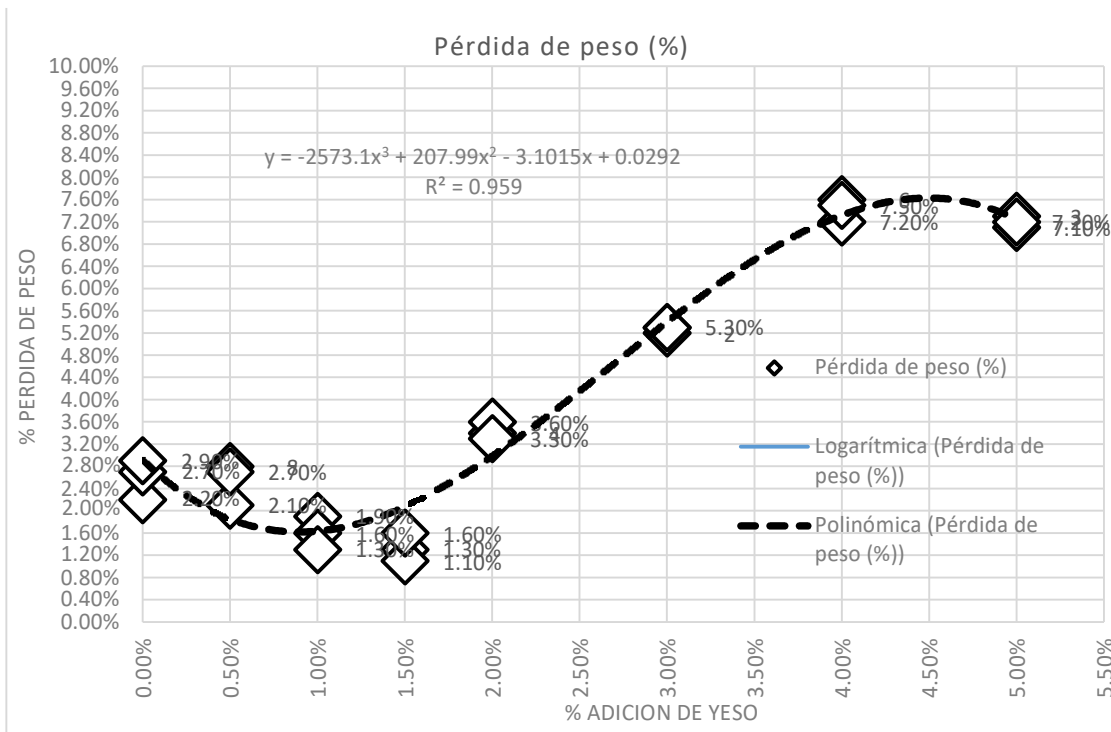
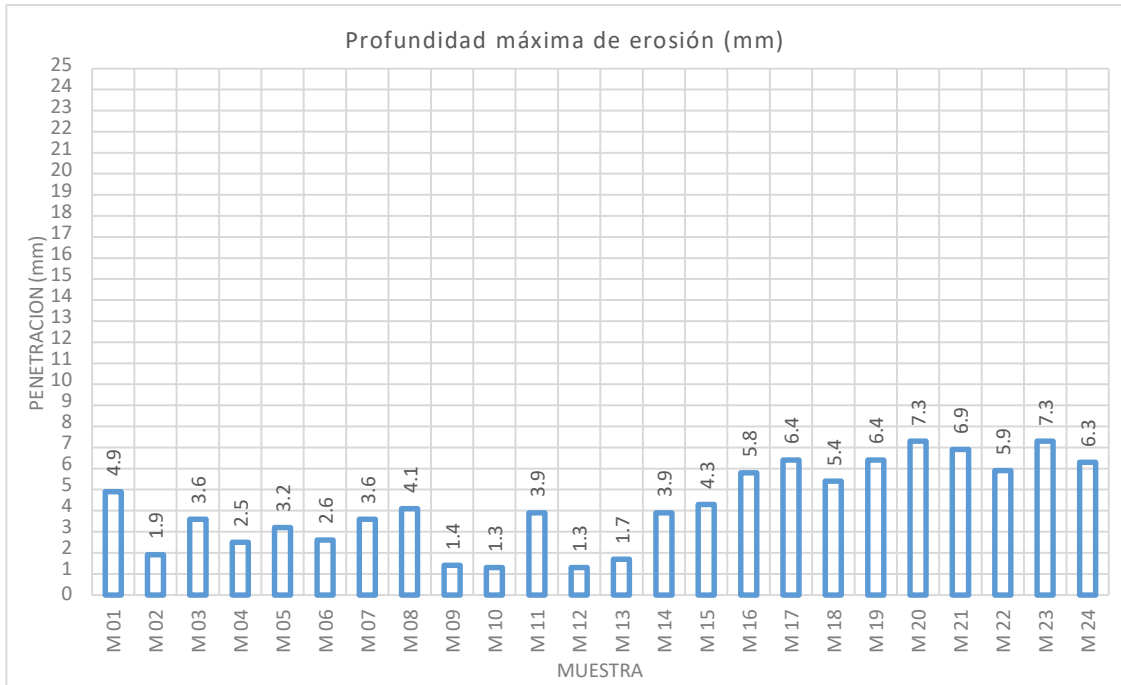
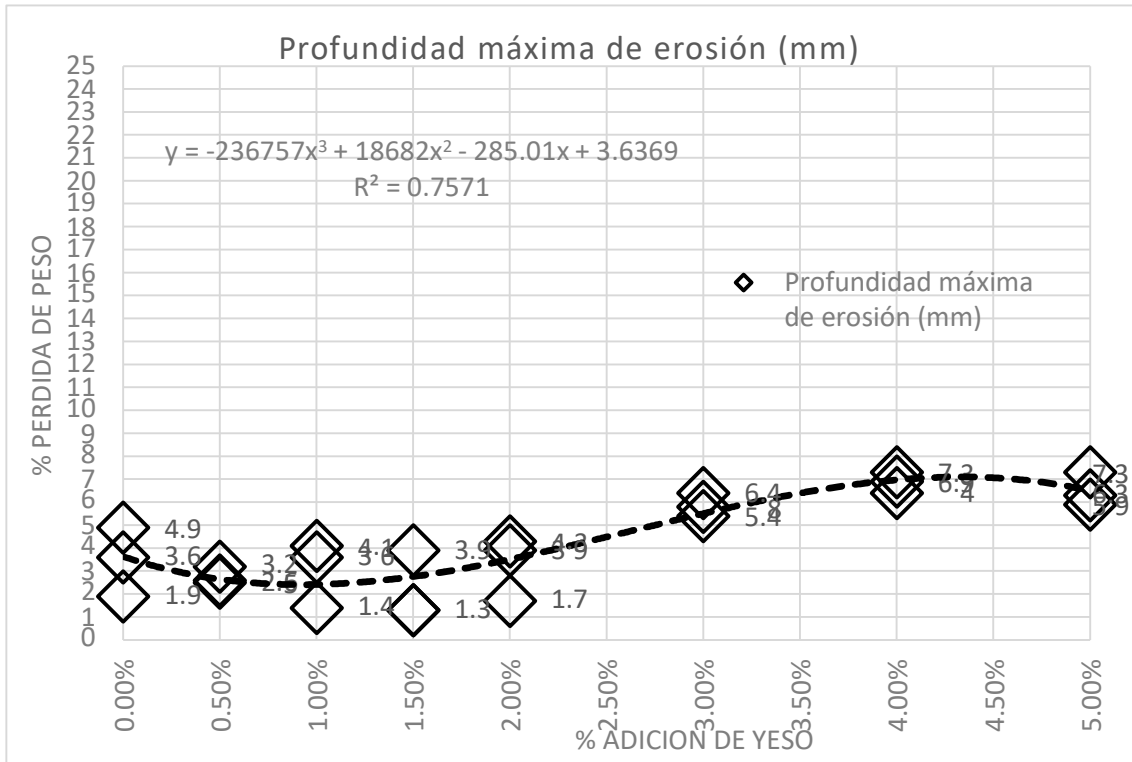


Ilustración 27 Gráfica de tendencia resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G5



*Ilustración 28* Diagrama de barras resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G5



*Ilustración 29* Gráfica de tendencia resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G5

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	% YESO	Dimensión del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSIÓN)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSIÓN)	Pérdida de peso (%)	Profundidad máxima de erosión (mm)
M 01	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	3.088	13.787	3.60%	1.5
M 02	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.846	14.140	3.088	13.631	3.60%	1.4
M 03	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.322	3.105	13.807	3.60%	1.5
M 04	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.882	14.167	3.173	13.727	3.10%	1.1
M 05	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.846	14.124	3.071	13.602	3.70%	2.7
M 06	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.936	14.224	3.071	13.669	3.90%	1.4
M 07	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.052	3.071	13.743	2.20%	1.8
M 08	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.096	3.105	13.786	2.20%	4.6
M 09	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.360	3.139	14.029	2.30%	2.5
M 10	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.023	3.071	13.644	2.70%	1.1
M 11	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.810	14.108	3.189	13.698	2.90%	3.6
M 12	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	10.044	14.345	3.156	14.000	2.40%	4.3
M 13	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.113	3.173	13.590	3.70%	1.6
M 14	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.054	3.139	13.534	3.70%	1.5
M 15	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.203	3.105	13.649	3.90%	3.8
M 16	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.738	14.039	3.173	13.168	6.20%	6.9
M 17	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.059	3.105	13.117	6.70%	6.5
M 18	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.356	3.156	13.466	6.20%	6.8
M 19	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.230	3.173	13.348	6.20%	7.2
M 20	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.255	3.088	13.357	6.30%	5.5
M 21	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	3.088	13.358	6.60%	6.5
M 22	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.320	3.071	13.418	6.30%	7.5
M 23	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.199	3.156	13.319	6.20%	7.3
M 24	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.232	3.122	13.264	6.80%	5.4

*Tabla 11 Resultados del ensayo de erosión acelerada para tratamiento superficial elaborada con granulometría G6*

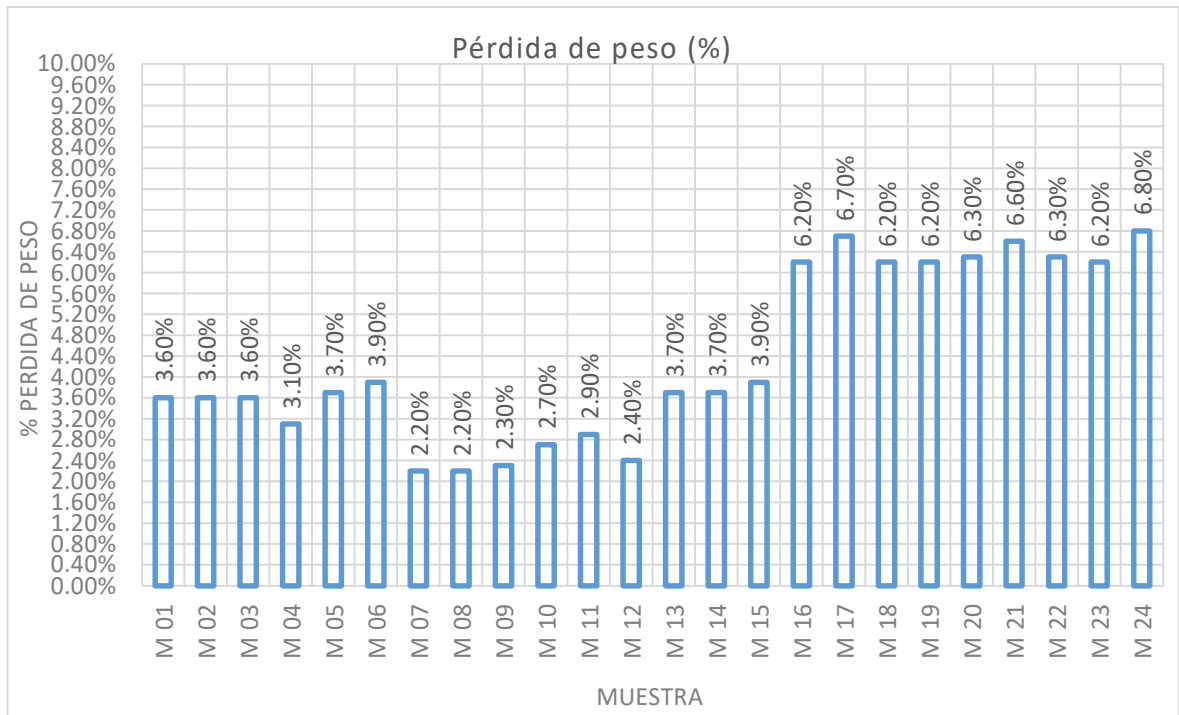


Ilustración 30 Diagrama de barras resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G6

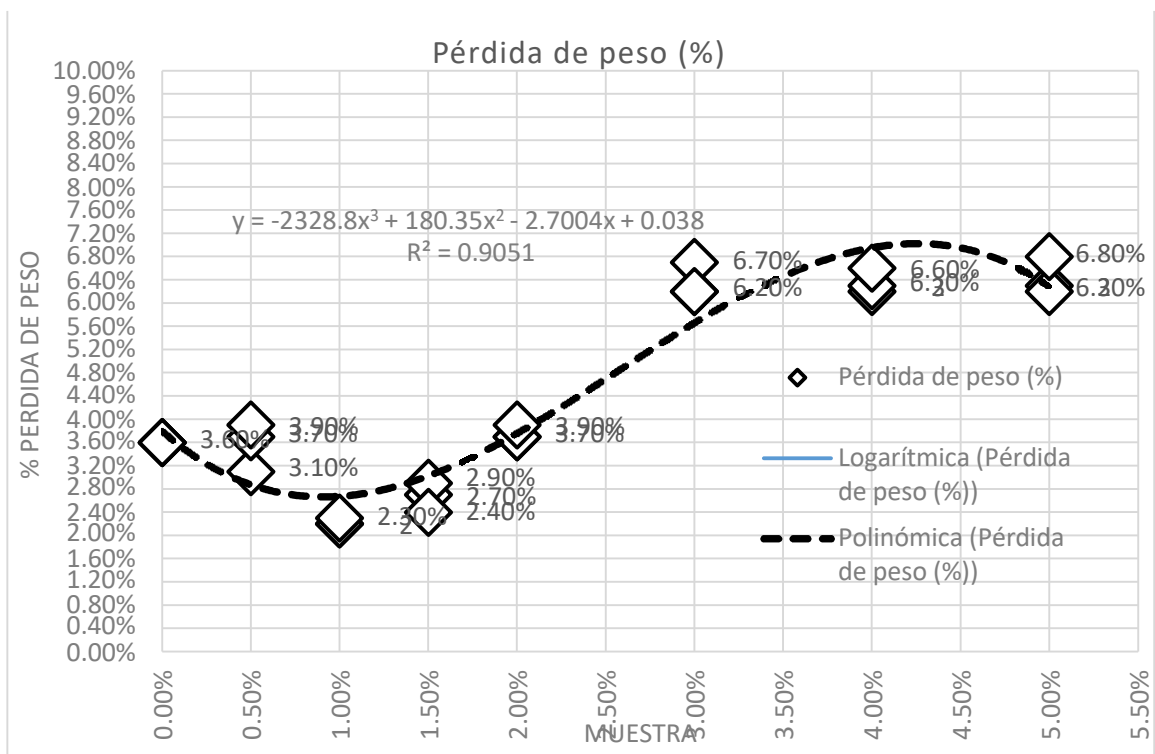


Ilustración 31 Gráfica de tendencia resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G5

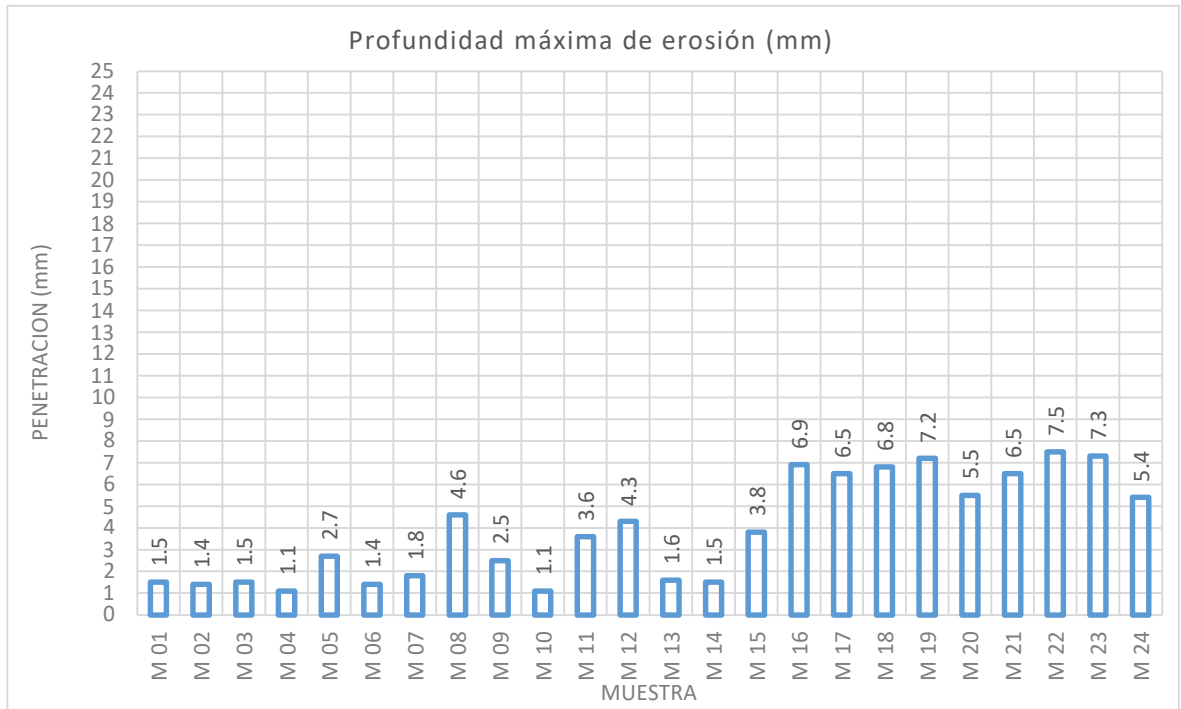
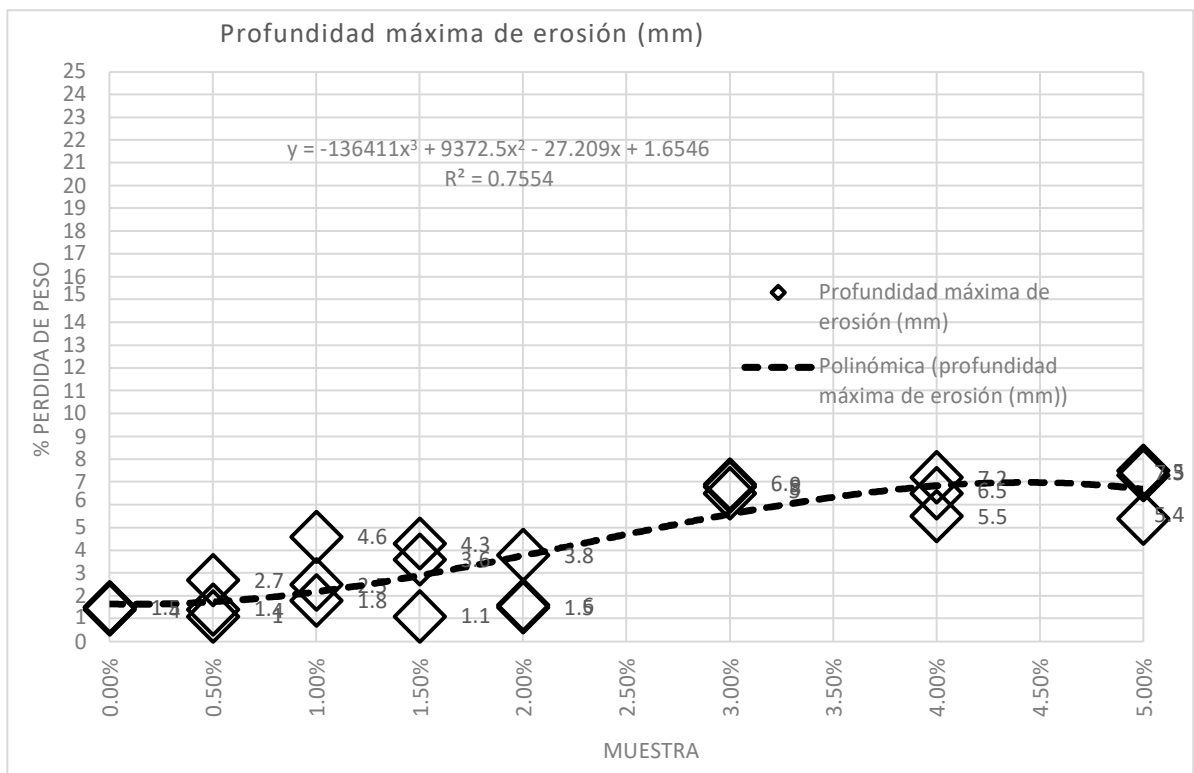


Ilustración 32 Diagrama de barras resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G6



*Ilustración 33 Gráfica de tendencia resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G6*

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	% YESO	Dimensión del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSIÓN)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSIÓN)	Pérdida de peso (%)	Profundidad máxima de erosión (mm)
M 01	5.00	1.25	0.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.273	2.048	13.602	4.70%	4.5
M 02	5.00	1.25	0.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.047	2.048	13.415	4.50%	3.2
M 03	5.00	1.25	0.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	2.048	13.702	4.20%	1.7
M 04	5.00	1.25	0.50%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	2.104	13.418	4.60%	1.8
M 05	5.00	1.25	0.50%	30 cm x 30 xm	9.846	14.137	2.081	13.515	4.40%	1.5
M 06	5.00	1.25	0.50%	30 cm x 30 xm	9.972	14.270	2.126	13.656	4.30%	2.9
M 07	5.00	1.25	1.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.173	2.081	13.762	2.90%	2.7
M 08	5.00	1.25	1.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.078	2.048	13.782	2.10%	1.5
M 09	5.00	1.25	1.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.260	2.070	13.846	2.90%	2.2
M 10	5.00	1.25	1.50%	30 cm x 30 xm	9.864	14.168	2.126	13.800	2.60%	2.7
M 11	5.00	1.25	1.50%	30 cm x 30 xm	9.792	14.070	2.059	13.775	2.10%	1.7
M 12	5.00	1.25	1.50%	30 cm x 30 xm	9.936	14.234	2.081	13.849	2.70%	2.8
M 13	5.00	1.25	2.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	2.104	13.376	4.90%	2.5
M 14	5.00	1.25	2.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.060	2.104	13.483	4.10%	2.2
M 15	5.00	1.25	2.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.245	2.115	13.647	4.20%	2.1
M 16	5.00	1.25	3.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.160	2.036	13.537	4.40%	7.3
M 17	5.00	1.25	3.00%	30 cm x 30 xm	9.810	14.095	2.048	13.460	4.50%	7.6
M 18	5.00	1.25	3.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.304	2.093	13.703	4.20%	7.5
M 19	5.00	1.25	4.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.296	2.036	13.138	8.10%	7.9
M 20	5.00	1.25	4.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.245	2.104	12.992	8.80%	5.7
M 21	5.00	1.25	4.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.332	2.104	13.085	8.70%	5.7
M 22	5.00	1.25	5.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.224	2.059	13.029	8.40%	7.5
M 23	5.00	1.25	5.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.296	2.115	13.024	8.90%	6.6
M 24	5.00	1.25	5.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.227	2.126	12.989	8.70%	7.7

*Tabla 12 Resultados del ensayo de erosión acelerada para tratamiento superficial elaborada con granulometría G7*

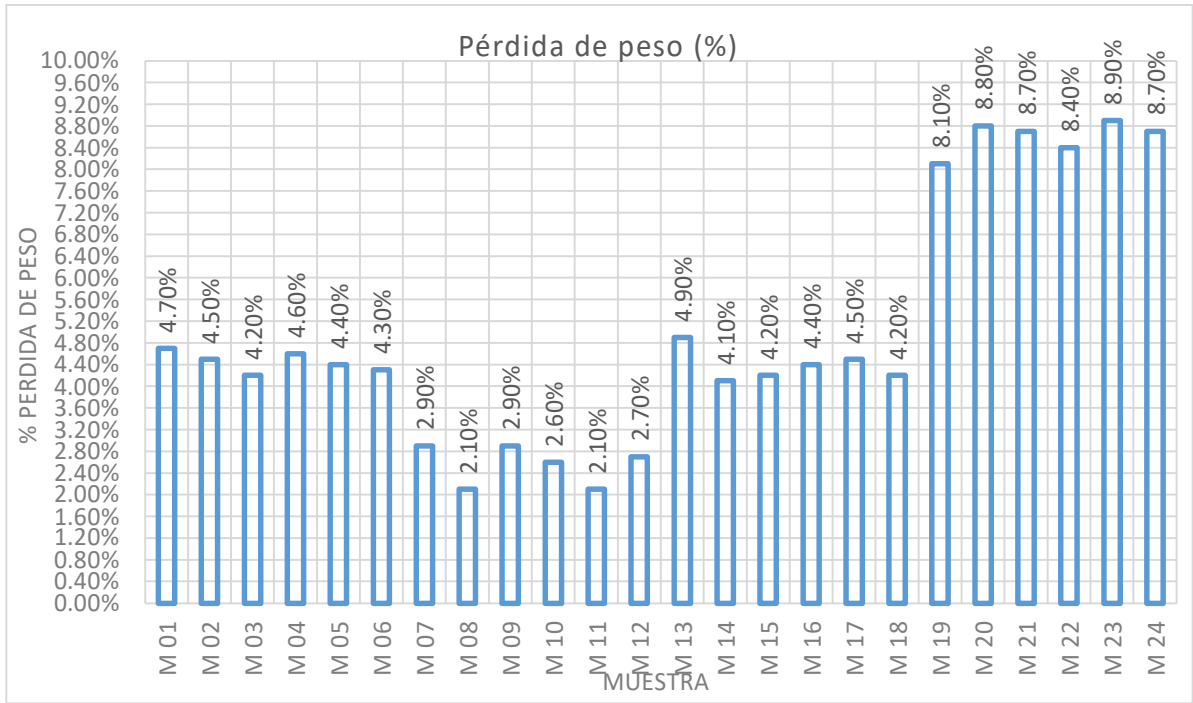


Ilustración 34 Diagrama de barras resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G7

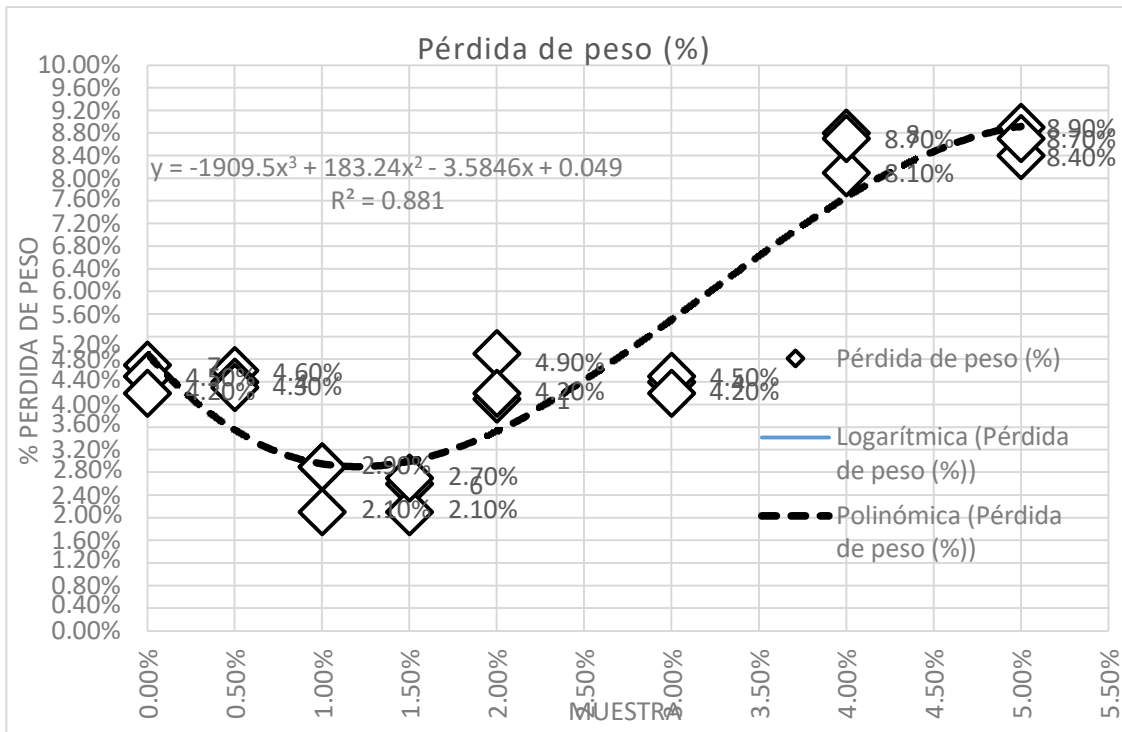
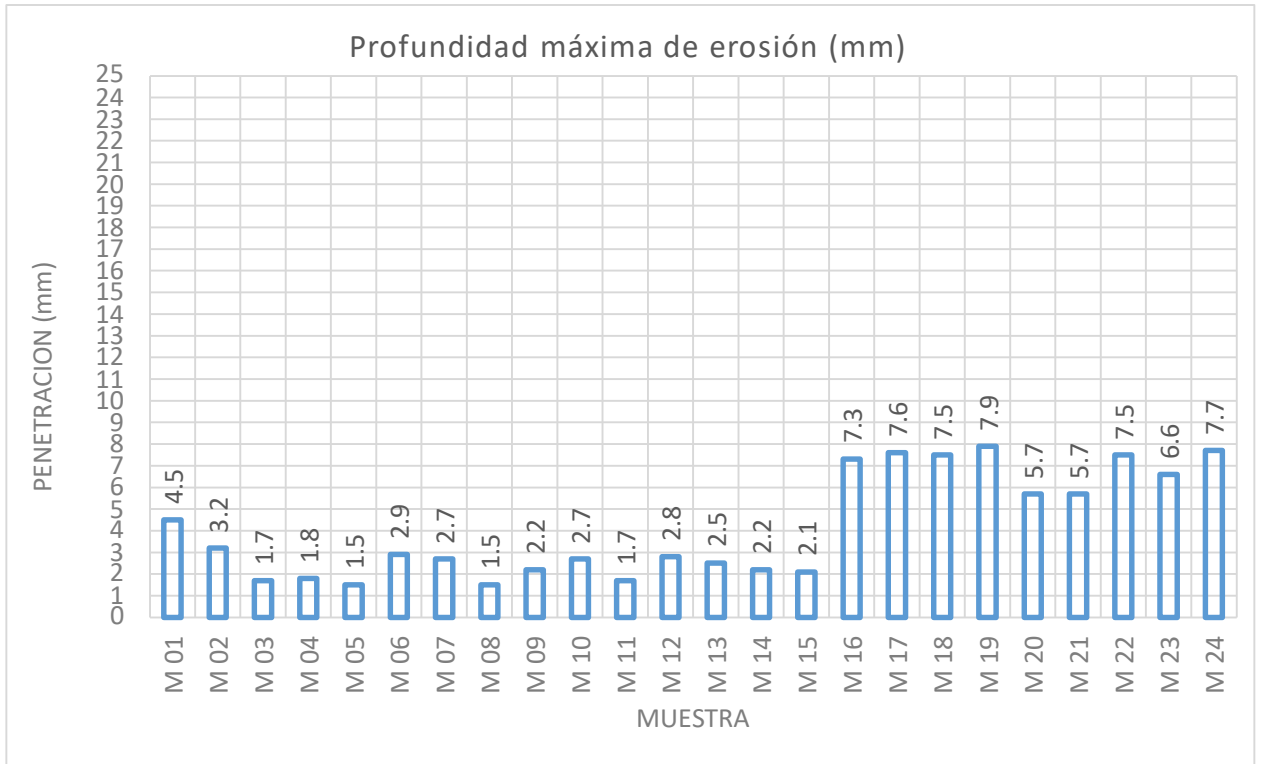
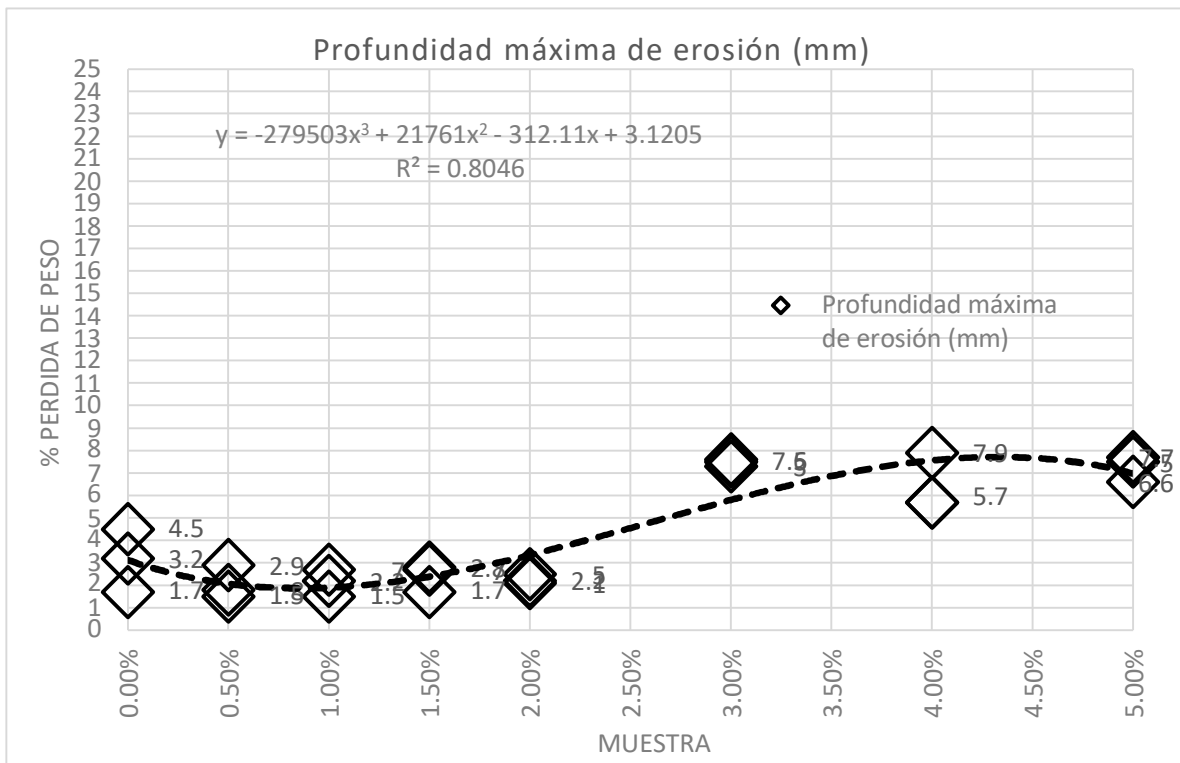


Ilustración 35 Gráfica de tendencia resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G7





*Ilustración 36 Diagrama de barras resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G7*



*Ilustración 37 Gráfica de tendencia resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G7*

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	% YESO	Dimensión del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSIÓN)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSIÓN)	Pérdida de peso (%)	Profundidad máxima de erosión (mm)
M 01	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.990	14.271	3.054	13.544	5.10%	4.8
M 02	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.170	3.088	13.348	5.80%	4.9
M 03	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.255	3.139	13.442	5.70%	1.6
M 04	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.864	14.145	3.054	13.367	5.50%	2.3
M 05	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.774	14.072	3.105	13.340	5.20%	1.4
M 06	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	10.062	14.350	3.088	13.704	4.50%	3.3
M 07	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.109	3.088	13.489	4.40%	4.7
M 08	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.810	14.108	3.189	13.473	4.50%	2.5
M 09	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.252	3.139	13.567	4.80%	2.4
M 10	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.042	3.189	13.452	4.20%	2.7
M 11	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.026	3.189	13.353	4.80%	2.1
M 12	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.954	14.232	3.054	13.634	4.20%	1.1
M 13	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.738	14.016	3.156	13.133	6.30%	1.8
M 14	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.126	3.054	13.165	6.80%	2.1
M 15	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.257	3.088	13.373	6.20%	4.4
M 16	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.077	3.105	13.119	6.80%	5.6
M 17	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.738	14.029	3.173	13.061	6.90%	7.6
M 18	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.347	3.122	13.443	6.30%	5.1
M 19	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.311	3.156	13.323	6.90%	5.8
M 20	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.312	3.156	13.439	6.10%	5.6
M 21	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.221	3.189	13.353	6.10%	6.9
M 22	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.306	3.189	13.376	6.50%	6.8
M 23	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.360	3.122	13.484	6.10%	5.8
M 24	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.317	3.088	13.415	6.30%	6.3

*Tabla 13 Resultados del ensayo de erosión acelerada para tratamiento superficial elaborada con granulometría G8*

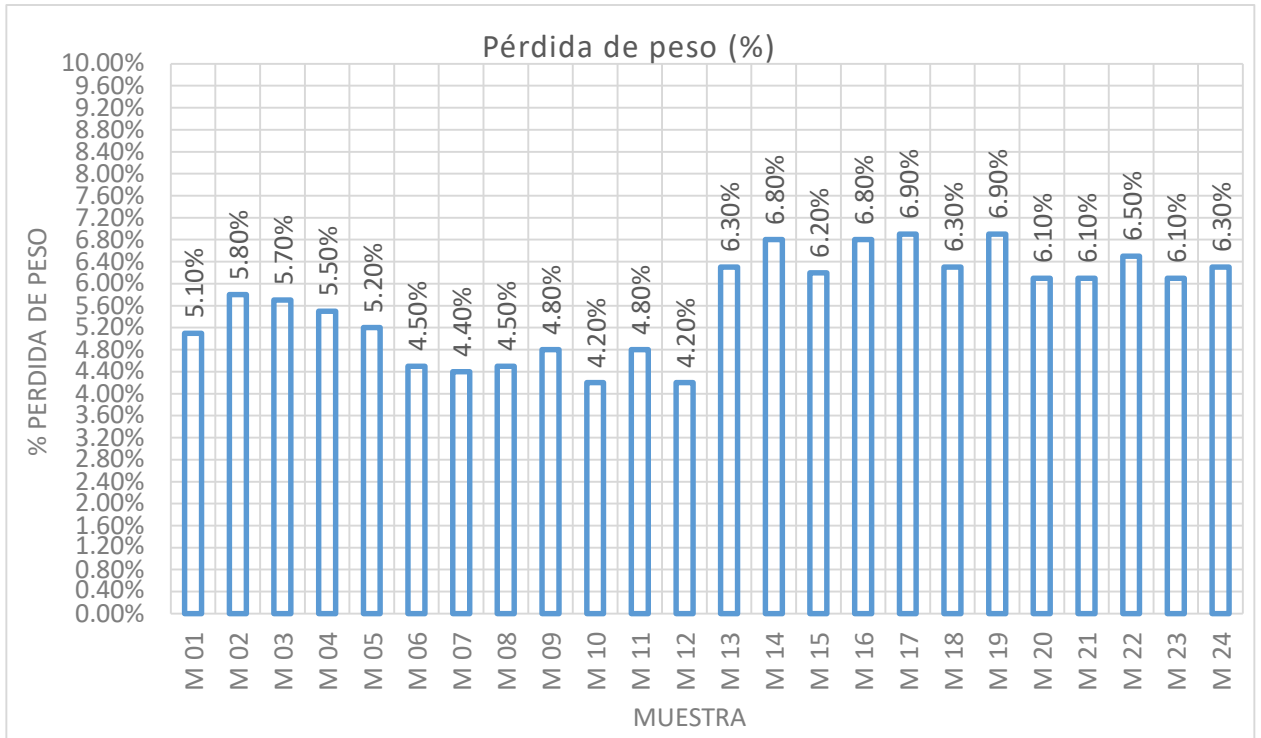


Ilustración 38 Diagrama de barras resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G8

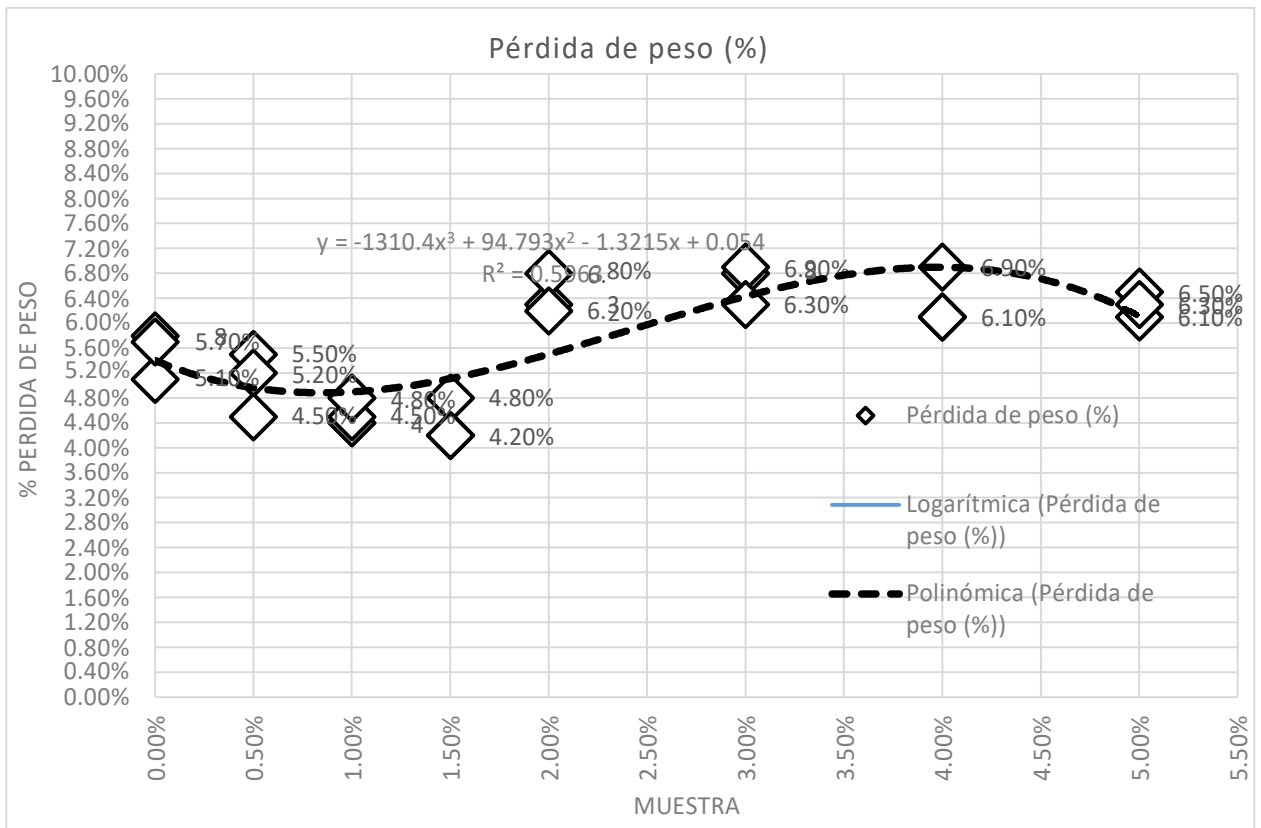


Ilustración 39 Gráfica de tendencia resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G8

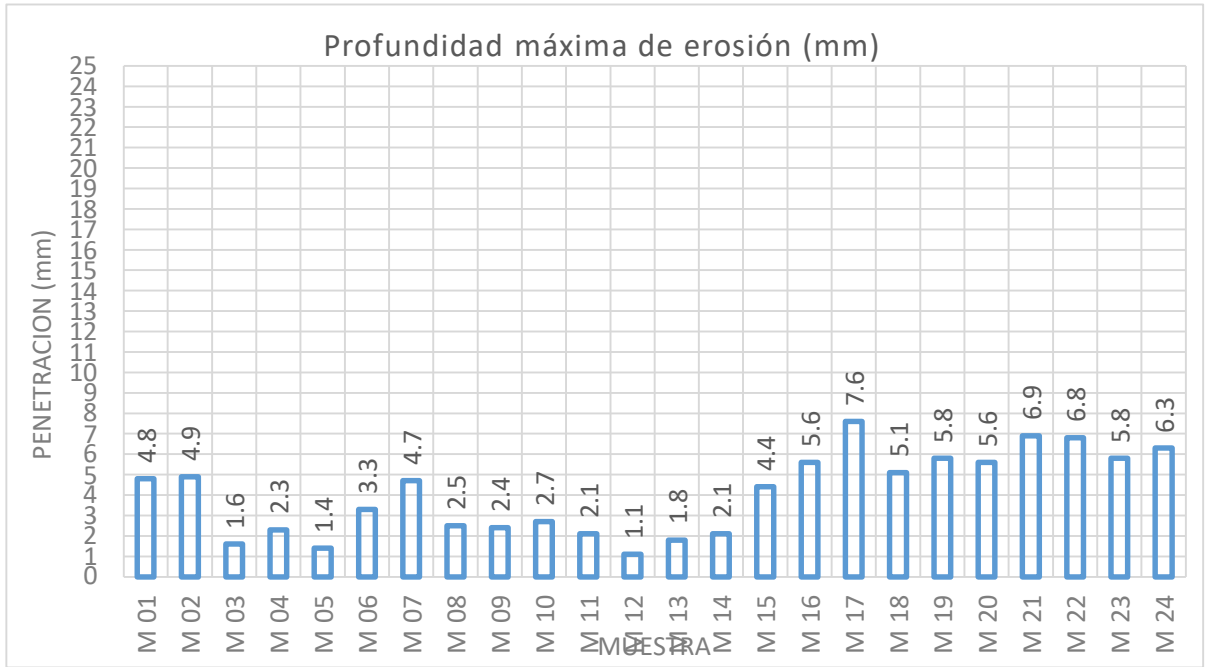


Ilustración 40 Diagrama de barras resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G8

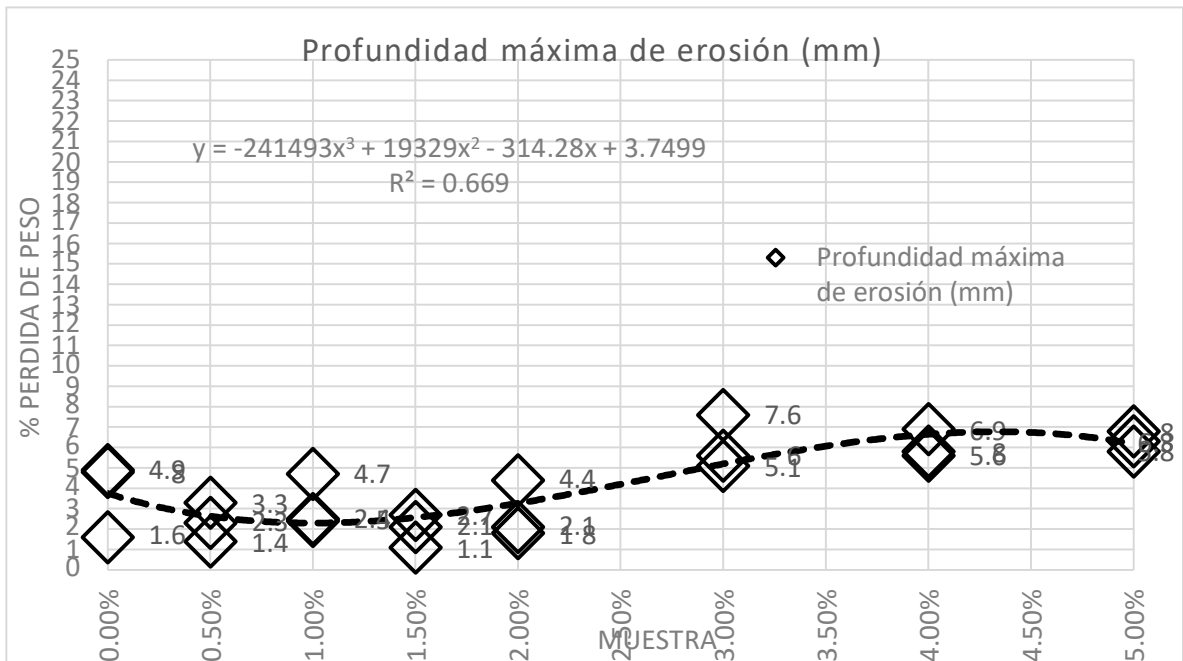


Ilustración 41 Gráfica de tendencia resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G8

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	% YESO	Dimensión del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSIÓN)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSIÓN)	Pérdida de peso (%)	Profundidad máxima de erosión (mm)
M 01	5.00	1.00	0.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	1.674	13.516	5.50%	3.9
M 02	5.00	1.00	0.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.116	1.701	13.297	5.80%	3.7
M 03	5.00	1.00	0.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.276	1.665	13.491	5.50%	2.1
M 04	5.00	1.00	0.50%	30 cm x 30 xm	9.792	14.077	1.674	13.246	5.90%	3.8
M 05	5.00	1.00	0.50%	30 cm x 30 xm	9.846	14.147	1.665	13.354	5.60%	1.3
M 06	5.00	1.00	0.50%	30 cm x 30 xm	9.972	14.260	1.692	13.433	5.80%	2.3
M 07	5.00	1.00	1.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.037	1.656	13.546	3.50%	3.1
M 08	5.00	1.00	1.00%	30 cm x 30 xm	9.864	14.165	1.629	13.641	3.70%	1.6
M 09	5.00	1.00	1.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.314	1.692	13.784	3.70%	2.1
M 10	5.00	1.00	1.50%	30 cm x 30 xm	9.756	14.041	1.701	13.493	3.90%	1.8
M 11	5.00	1.00	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.029	1.656	13.496	3.80%	2.4
M 12	5.00	1.00	1.50%	30 cm x 30 xm	9.936	14.224	1.701	13.769	3.20%	1.8
M 13	5.00	1.00	2.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.186	1.656	13.165	7.20%	1.1
M 14	5.00	1.00	2.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.077	1.638	13.021	7.50%	2.5
M 15	5.00	1.00	2.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.258	1.701	13.174	7.60%	2.3
M 16	5.00	1.00	3.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.047	1.683	12.965	7.70%	4.9
M 17	5.00	1.00	3.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	1.683	12.968	7.80%	4.4
M 18	5.00	1.00	3.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.363	1.665	13.314	7.30%	5.8
M 19	5.00	1.00	4.00%	30 cm x 30 xm	9.990	14.294	1.629	13.050	8.70%	6.5
M 20	5.00	1.00	4.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.257	1.674	12.988	8.90%	6.2
M 21	5.00	1.00	4.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.366	1.638	13.188	8.20%	5.3
M 22	5.00	1.00	5.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.206	1.656	12.984	8.60%	6.6
M 23	5.00	1.00	5.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.322	1.674	13.162	8.10%	5.6
M 24	5.00	1.00	5.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.212	1.701	12.962	8.80%	5.7

*Tabla 14 Resultados del ensayo de erosión acelerada para tratamiento superficial elaborada con granulometría G9*

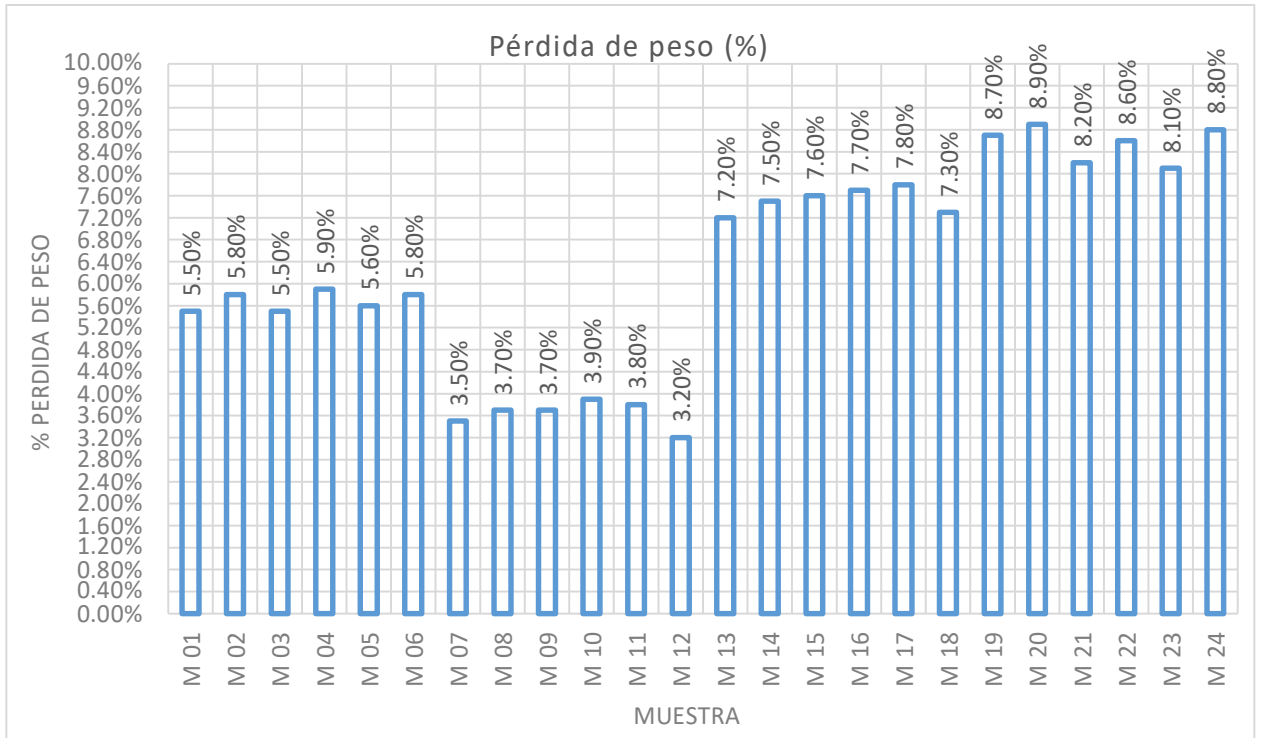


Ilustración 42 Diagrama de barras resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G9

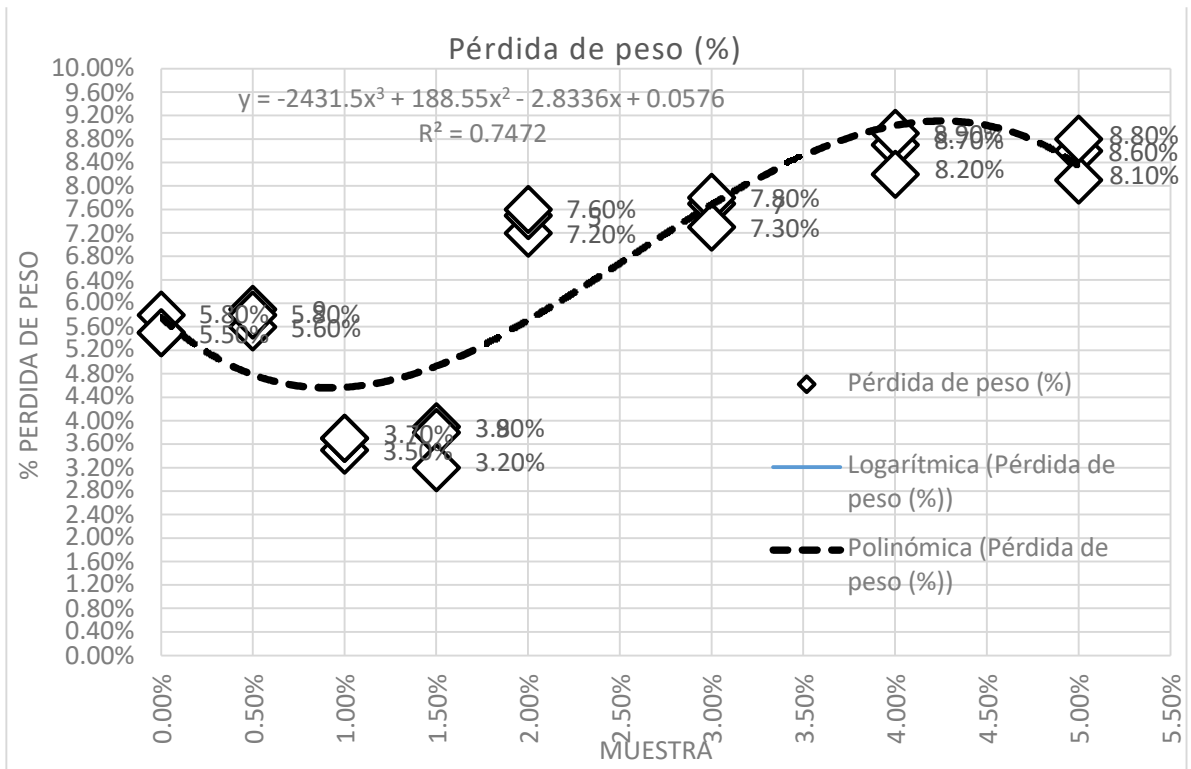


Ilustración 43 Gráfica de tendencia resultados pérdida de peso por erosión acelerada para granulometría G9

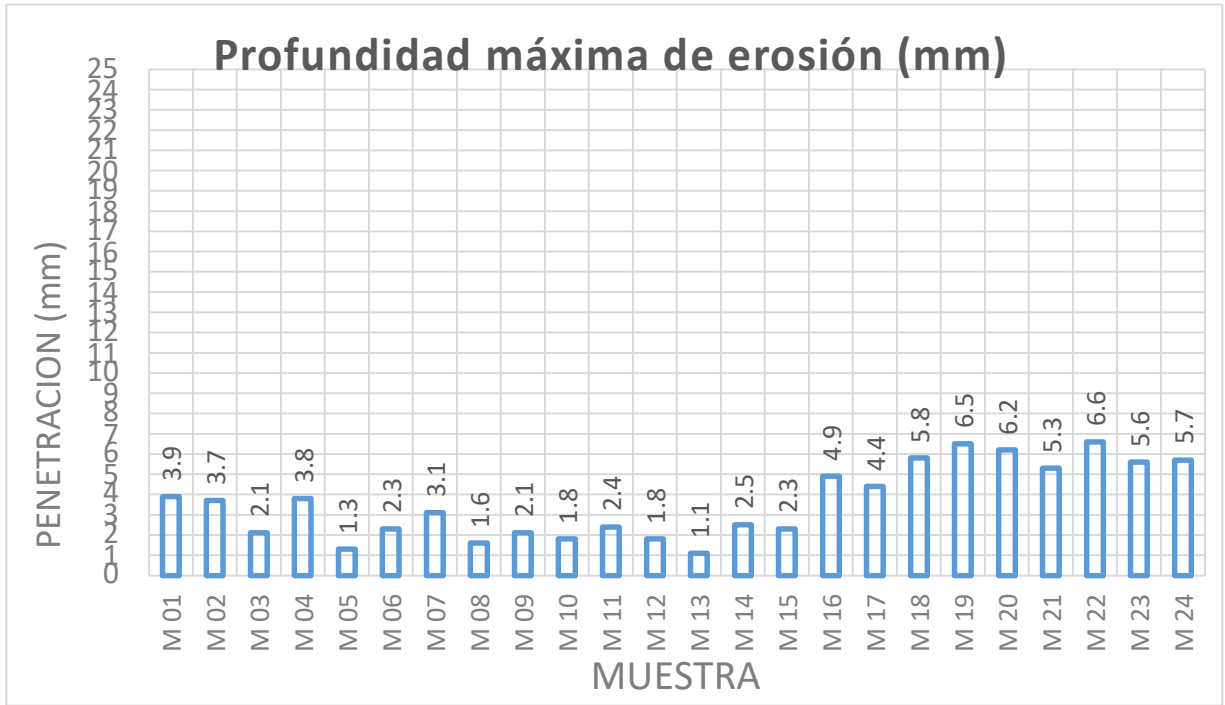
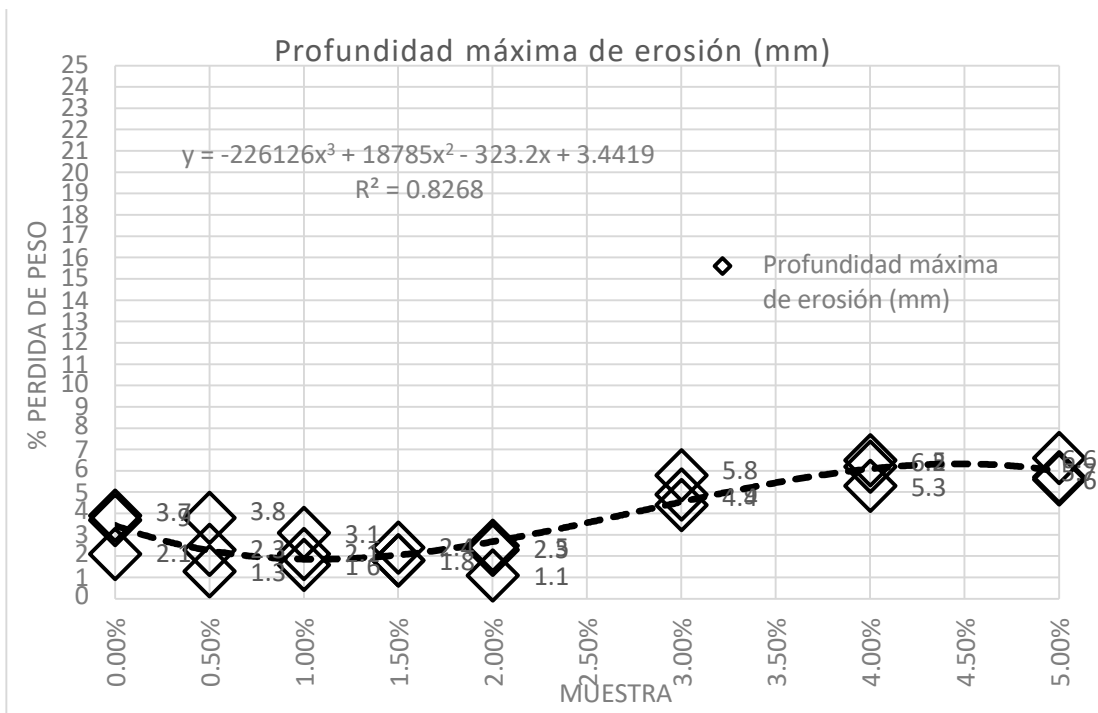


Ilustración 44 Diagrama de barras resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G9



*Ilustración 45 Gráfica de tendencia resultados profundidad de erosión por erosión para granulometría G9*

#### **4.5. Ensayo de círculo de arena**

Este ensayo tiene la finalidad determinar la profundidad de la macrotextura de la superficie del pavimento, mediante la aplicación de un volumen conocido de material y la subsecuente medición del área total cubierta por éste. Para la investigación se realizó el ensayo de arena sobre la muestra al inicio y al final después de someterlo al ensayo de erosión acelerada de Geelong.

Se trabajó con 24 muestras por cada tipo de granulometría de la G05, G06, G07, G08 y G09 un total de 120 muestras de 30 cm x 30 cm.

#### **Procedimiento**

- Área de muestra. Examine el pavimento a evaluar y seleccione un área seca, uniforme y libre de singularidades como grietas o costuras. Use un cepillo para limpiar la superficie a fondo para eliminar cualquier residuo o material suelto de la superficie. • Se colocó una caja de parabrisas alrededor del área de la muestra de prueba; sin embargo, dado que la prueba se realizó en un laboratorio, el efecto del aire fue mínimo. • Llene un cilindro de volumen conocido con arena seca y golpee suavemente el fondo al llenarlo. Agregue más material hasta que el cilindro se llene hasta el tope, luego nivélelo con una regla. Si tiene una balanza de laboratorio, determine la masa de material dentro del cilindro e intente utilizar esa cantidad en cada prueba que realice en una muestra de 30 cm x 30 cm.
- Mediciones de prueba. Se vertió arena sobre una muestra de 30 cm x 30 cm de la superficie limpia en el área protegida para protegerla del viento. Extiende cuidadosamente el material en un patrón circular con un disco plano, usando su cara de goma para este propósito, llenando la cavidad de la superficie al ras con la parte superior del agregado del proceso de desgaste. • Luego mida el diámetro del área cubierta por el material tomando 3 medidas equidistantes del círculo. • Luego, calcule el promedio de las tres mediciones y regístrelo en la hoja de informe de prueba que se muestra en el archivo adjunto.



MUESTRA	% YESO	DIÁMETRO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MDT FINAL	MDF INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.21	24646.755	87.000	84.000	83.400	84.80	4.364	3.100	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.12	24602.577	87.000	84.100	83.400	84.83	4.353	3.200	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.11	24597.668	87.000	84.000	83.600	84.87	4.348	3.200	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.24	24661.482	80.240	80.210	80.340	80.26	4.874	3.200	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.14	24612.394	80.240	80.660	80.520	80.47	4.839	3.200	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.13	24607.485	80.280	80.390	80.510	80.39	4.848	3.200	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.11	24597.668	90.520	90.530	90.330	90.46	3.827	3.200	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.24	24661.482	90.650	90.330	90.570	90.52	3.832	3.100	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.23	24656.573	90.370	90.430	90.210	90.34	3.847	3.200	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.22	24651.664	104.000	105.000	100.000	103.00	2.959	3.200	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.22	24651.664	118.000	119.000	118.000	118.33	2.242	3.200	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.23	24656.573	100.000	103.000	101.000	101.33	3.057	3.100	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.15	24617.303	87.000	98.000	97.000	94.00	3.547	3.300	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.21	24646.755	98.000	91.000	94.000	94.33	3.526	3.200	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.24	24661.482	87.000	89.000	93.000	89.67	3.905	3.100	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.22	24651.664	83.000	80.000	84.000	82.33	4.630	3.300	MEDIA
M 17	3.00%	25.00	50.22	24651.664	78.000	81.000	78.000	79.00	5.029	3.100	RUGOSO
M 18	3.00%	25.00	50.22	24651.664	85.000	80.000	79.000	81.33	4.745	3.300	MEDIA
M 19	4.00%	25.00	50.24	24661.482	77.000	80.000	85.000	80.67	4.825	3.100	MEDIA
M 20	4.00%	25.00	50.14	24612.394	84.000	77.000	85.000	82.00	4.661	3.200	MEDIA
M 21	4.00%	25.00	50.11	24597.668	80.000	78.000	82.000	80.00	4.894	3.200	MEDIA
M 22	5.00%	25.00	50.24	24661.482	82.000	78.000	83.000	81.00	4.786	3.200	MEDIA
M 23	5.00%	25.00	50.12	24602.577	84.000	83.000	78.000	81.67	4.697	3.200	MEDIA
M 24	5.00%	25.00	50.15	24617.303	82.000	79.000	78.000	79.67	4.939	3.100	MEDIA

*Tabla 15 Resultados del ensayo de circulo de arena para tratamiento superficial elaborada con granulometría G5*

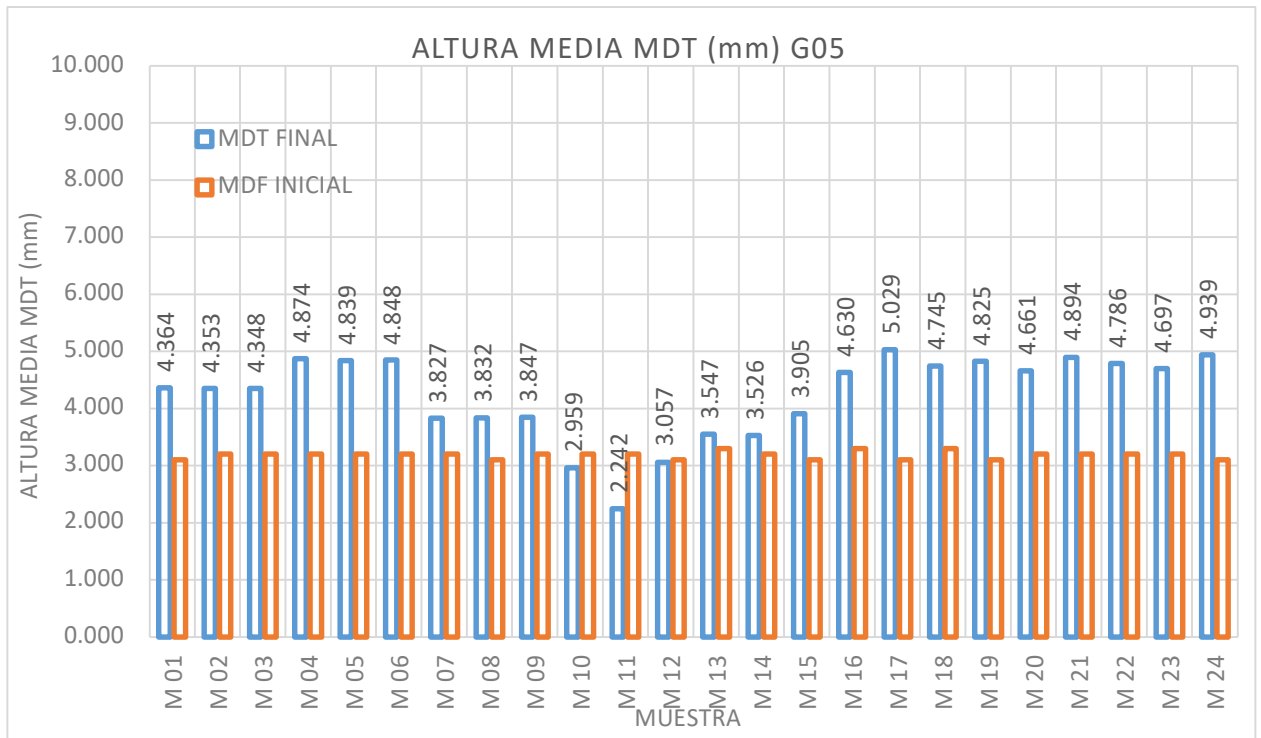
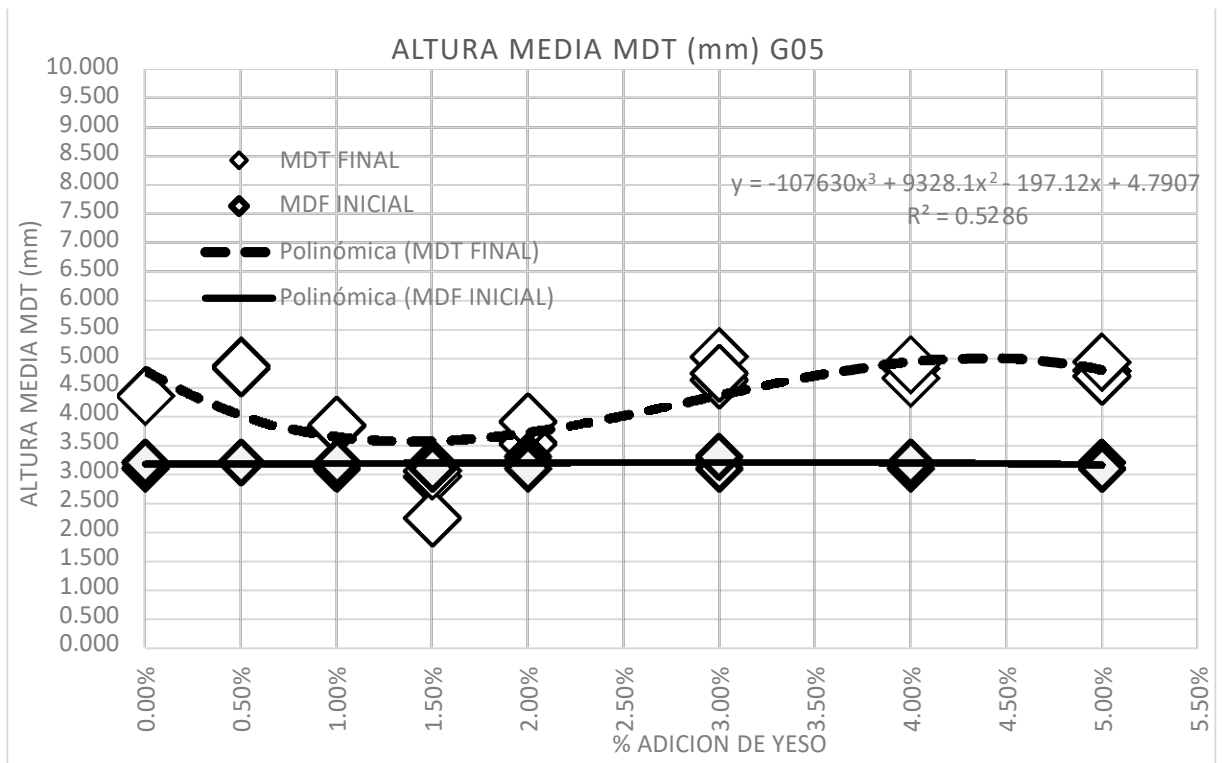


Ilustración 46 Diagrama de barras resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de circulo de arena para granulometría G5



*Ilustración 47 Gráfica de tendencia de resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de círculo de arena para granulometría G5*

MUESTRA	% YESO	DIÁMETRO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MDT FINAL	MDF INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.23	24656.573	101.00	99.00	94.00	98.00	3.269	2.700	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.14	24612.394	101.00	102.00	92.00	98.33	3.241	2.300	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.15	24617.303	92.00	94.00	99.00	95.00	3.473	2.800	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.15	24617.303	93.00	94.00	102.00	96.33	3.378	2.700	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.23	24656.573	93.00	101.00	101.00	98.33	3.247	2.300	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.14	24612.394	93.00	96.00	95.00	94.67	3.497	2.500	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.23	24656.573	105.00	111.00	106.00	107.33	2.725	2.600	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.23	24656.573	113.00	115.00	100.00	109.33	2.626	2.600	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.15	24617.303	114.00	97.00	105.00	105.33	2.825	2.700	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.14	24612.394	109.00	112.00	107.00	109.33	2.622	2.500	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.13	24607.485	113.00	108.00	115.00	112.00	2.498	2.700	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.14	24612.394	114.00	113.00	100.00	109.00	2.638	2.400	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.12	24602.577	94.00	89.00	93.00	92.00	3.701	2.400	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.11	24597.668	93.00	93.00	92.00	92.67	3.647	2.700	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.22	24651.664	89.00	94.00	95.00	92.67	3.655	2.700	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.14	24612.394	91.00	89.00	91.00	90.33	3.840	2.600	MEDIA
M 17	3.00%	25.00	50.11	24597.668	89.00	95.00	91.00	91.67	3.727	2.600	MEDIA
M 18	3.00%	25.00	50.12	24602.577	92.00	94.00	95.00	93.67	3.570	2.300	MEDIA
M 19	4.00%	25.00	50.13	24607.485	86.00	88.00	88.00	87.33	4.108	2.400	MEDIA
M 20	4.00%	25.00	50.14	24612.394	89.00	77.00	87.00	84.33	4.406	2.700	MEDIA
M 21	4.00%	25.00	50.25	24666.390	85.00	86.00	88.00	86.33	4.214	2.400	MEDIA
M 22	5.00%	25.00	50.23	24656.573	84.00	90.00	78.00	84.00	4.449	2.600	MEDIA
M 23	5.00%	25.00	50.21	24646.755	83.00	82.00	83.00	82.67	4.592	2.500	MEDIA
M 24	5.00%	25.00	50.15	24617.303	80.00	78.00	83.00	80.33	4.857	2.700	MEDIA

*Tabla 16 Resultados del ensayo de círculo de arena para tratamiento superficial elaborada con granulometría G6*

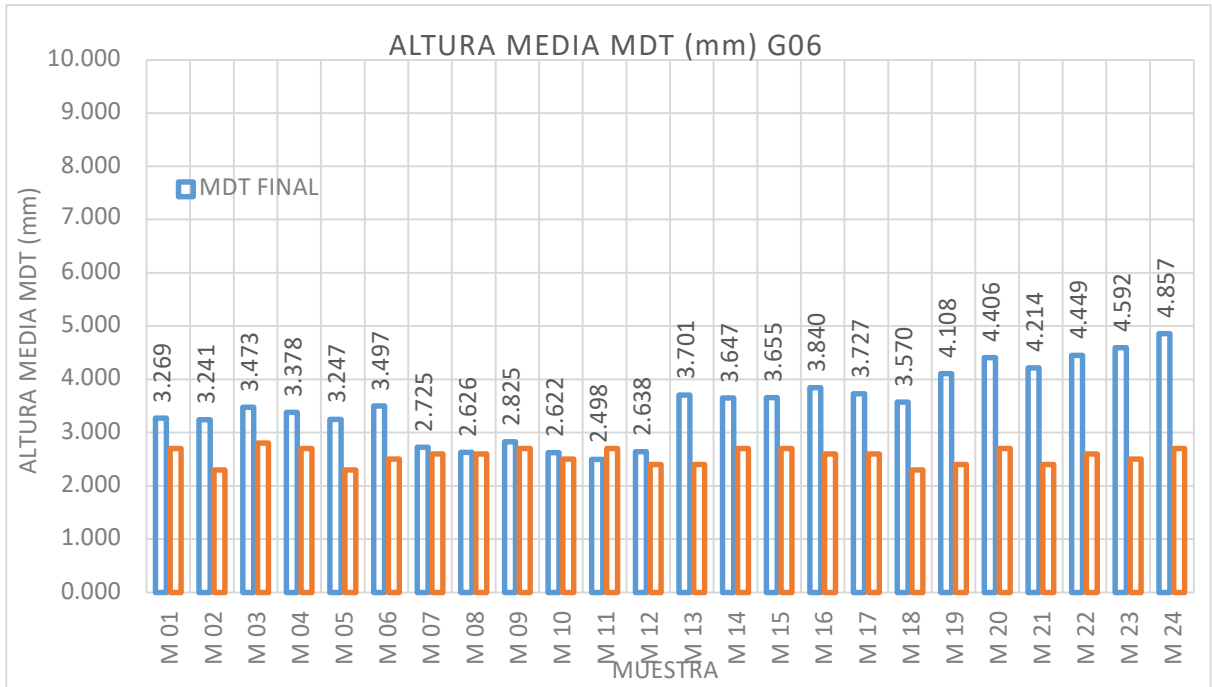
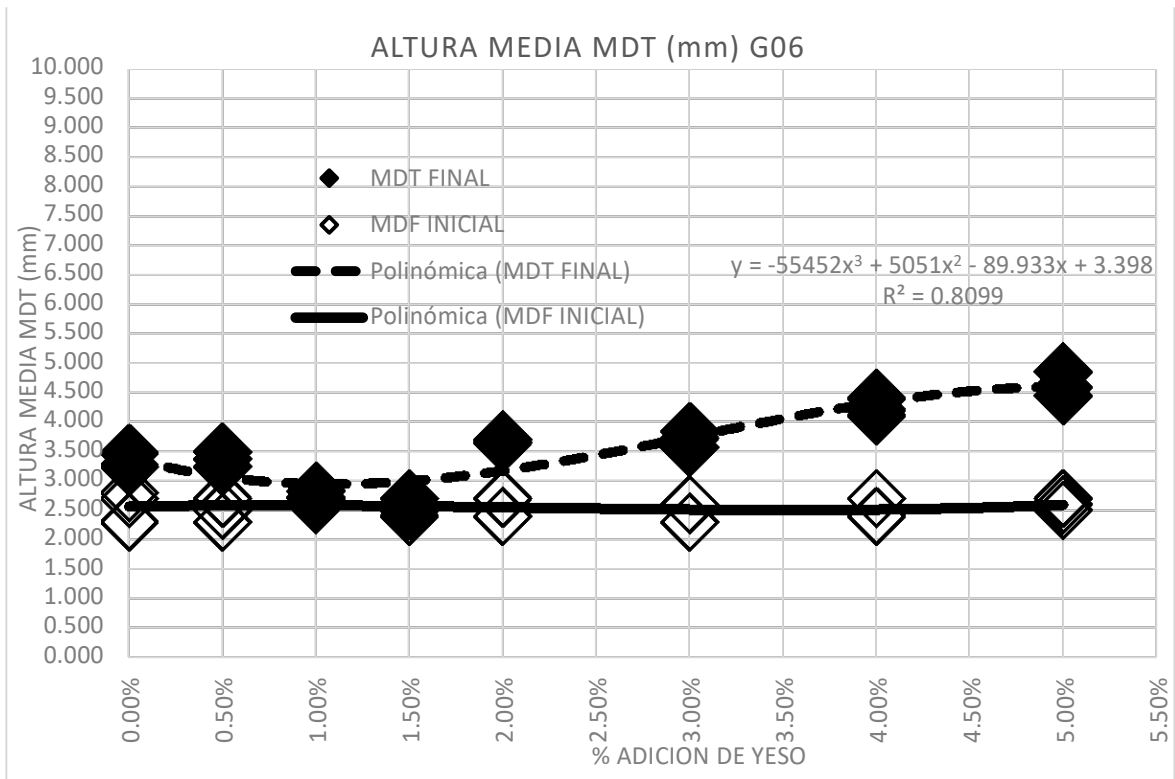


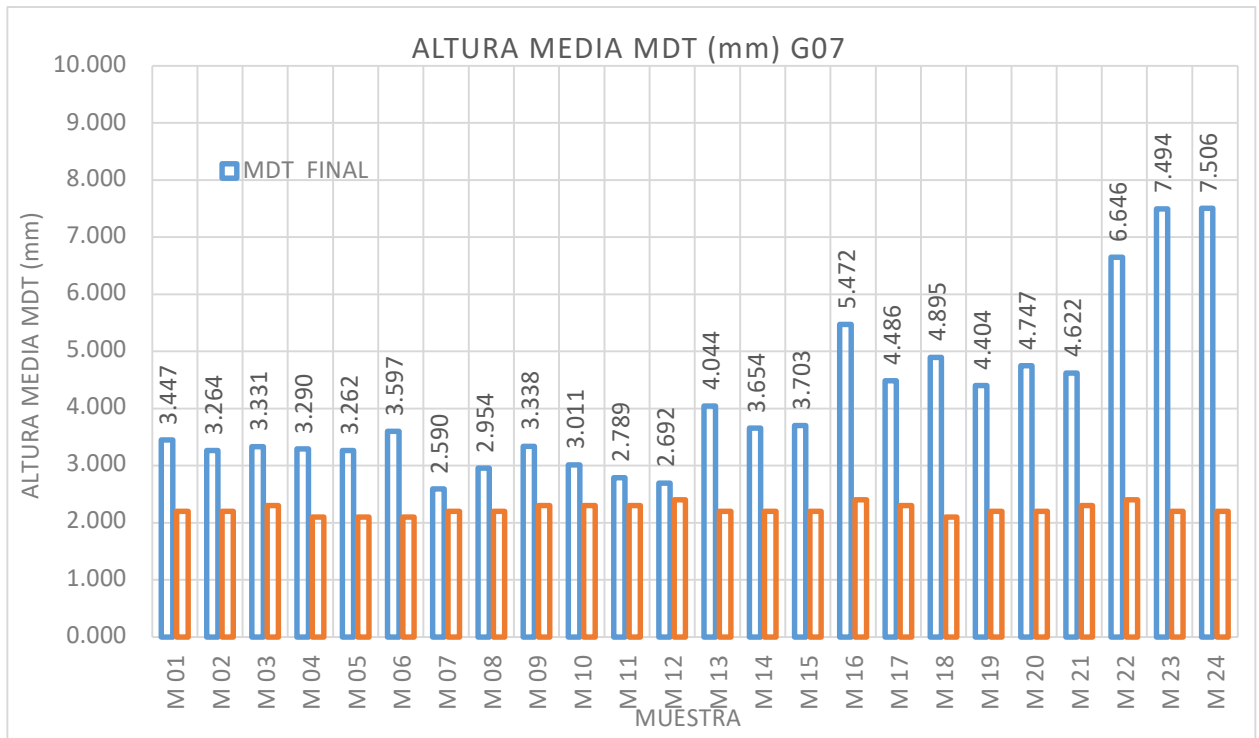
Ilustración 48 Diagrama de barras resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de círculo de arena para granulometría G6



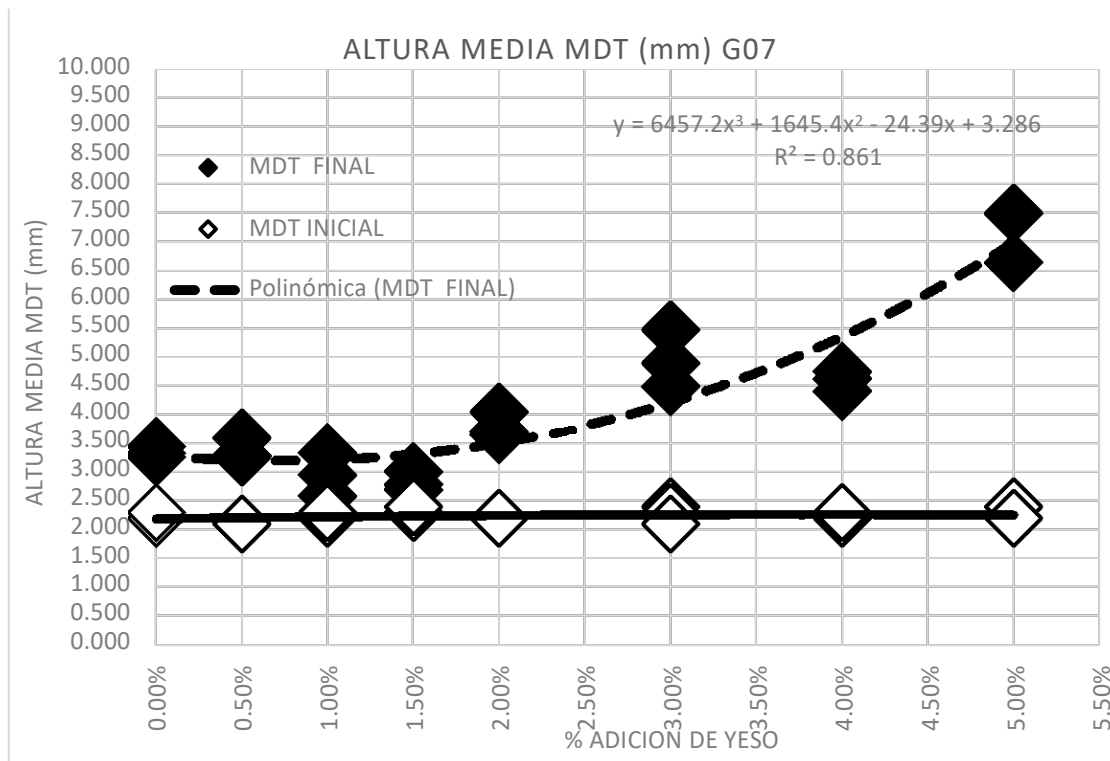
*Ilustración 49 Gráfica de tendencia de resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de círculo de arena para granulometría G6*

MUESTRA	% YESO	DIÁMETO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MDT FINAL	MDT INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.12	24602.577	93.00	95.00	98.00	95.33	3.447	2.200	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.15	24617.303	97.00	100.00	97.00	98.00	3.264	2.200	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.14	24612.394	100.00	97.00	94.00	97.00	3.331	2.300	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.21	24646.755	93.00	104.00	96.00	97.67	3.290	2.100	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.12	24602.577	98.00	101.00	95.00	98.00	3.262	2.100	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.14	24612.394	95.00	92.00	93.00	93.33	3.597	2.100	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.14	24612.394	85.00	106.00	110.00	110.00	2.590	2.200	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.14	24612.394	84.00	109.00	97.00	103.00	2.954	2.200	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.25	24666.390	91.00	102.00	110.00	97.00	3.338	2.300	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.12	24602.577	93.00	109.00	96.00	102.00	3.011	2.300	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.14	24612.394	82.00	110.00	103.00	106.00	2.789	2.300	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.23	24656.573	84.00	96.00	95.00	108.00	2.692	2.400	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.11	24597.668	91.00	87.00	86.00	88.00	4.044	2.200	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.21	24646.755	94.00	96.00	88.00	92.67	3.654	2.200	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.15	24617.303	92.00	91.00	93.00	92.00	3.703	2.200	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.13	24607.485	72.00	82.00	73.00	75.67	5.472	2.400	RUGOSO
M 17	3.00%	25.00	50.24	24661.482	83.00	83.00	85.00	83.67	4.486	2.300	MEDIA
M 18	3.00%	25.00	50.12	24602.577	75.00	85.00	80.00	80.00	4.895	2.100	MEDIA
M 19	4.00%	25.00	50.11	24597.668	86.00	80.00	87.00	84.33	4.404	2.200	MEDIA
M 20	4.00%	25.00	50.24	24661.482	83.00	88.00	73.00	81.33	4.747	2.200	MEDIA
M 21	4.00%	25.00	50.13	24607.485	83.00	75.00	89.00	82.33	4.622	2.300	MEDIA
M 22	5.00%	25.00	50.14	24612.394	70.00	66.00	70.00	68.67	6.646	2.400	RUGOSO
M 23	5.00%	25.00	50.14	24612.394	62.00	62.00	70.00	64.67	7.494	2.200	RUGOSO
M 24	5.00%	25.00	50.22	24651.664	65.00	62.00	67.00	64.67	7.506	2.200	RUGOSO

*Tabla 17 Resultados del ensayo de círculo de arena para tratamiento superficial elaborada con granulometría G7*



*Ilustración 50 Diagrama de barras resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de circulo de arena para granulometría G7*



*Ilustración 51 Gráfica de tendencia de resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de circulo de arena para granulometría G7.*

MUESTRA	% YESO	DIÁMETO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MDT FINAL	MDT INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.23	24656.573	88.00	89.00	90.00	89.00	3.963	1.700	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.12	24602.577	99.00	88.00	89.00	92.00	3.701	1.800	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.23	24656.573	96.00	90.00	99.00	95.00	3.479	1.700	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.15	24617.303	90.00	89.00	95.00	91.33	3.757	1.800	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.15	24617.303	92.00	87.00	93.00	90.67	3.813	1.900	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.25	24666.390	97.00	99.00	91.00	95.67	3.432	1.700	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.22	24651.664	106.00	109.00	98.00	104.33	2.883	1.900	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.23	24656.573	103.00	107.00	100.00	103.33	2.940	1.900	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.14	24612.394	98.00	108.00	105.00	103.67	2.916	1.800	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.12	24602.577	105.00	107.00	98.00	103.33	2.934	1.700	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.21	24646.755	109.00	101.00	108.00	106.00	2.793	1.900	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.21	24646.755	102.00	110.00	99.00	103.67	2.920	1.900	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.24	24661.482	106.00	101.00	103.00	103.33	2.941	1.700	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.14	24612.394	105.00	99.00	104.00	102.67	2.973	1.800	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.12	24602.577	99.00	110.00	101.00	103.33	2.934	1.900	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.14	24612.394	67.00	67.00	67.00	67.00	4.981	1.800	RUGOSO
M 17	3.00%	25.00	50.22	24651.664	74.00	68.00	72.00	71.33	4.168	1.800	RUGOSO
M 18	3.00%	25.00	50.24	24661.482	67.00	71.00	72.00	70.00	6.408	1.900	RUGOSO
M 19	4.00%	25.00	50.25	24666.390	69.00	69.00	71.00	69.67	6.471	1.700	RUGOSO
M 20	4.00%	25.00	50.13	24607.485	72.00	73.00	71.00	72.00	6.044	1.700	RUGOSO
M 21	4.00%	25.00	50.23	24656.573	71.00	71.00	74.00	72.00	6.056	1.900	RUGOSO
M 22	5.00%	25.00	50.13	24607.485	67.00	68.00	67.00	67.33	6.911	1.800	RUGOSO
M 23	5.00%	25.00	50.11	24597.668	72.00	67.00	72.00	70.33	6.331	1.700	RUGOSO
M 24	5.00%	25.00	50.25	24666.390	68.00	68.00	74.00	70.00	6.409	1.800	RUGOSO

*Tabla 18 Resultados del ensayo de circulo de arena para tratamiento superficial elaborada con granulometría G8*

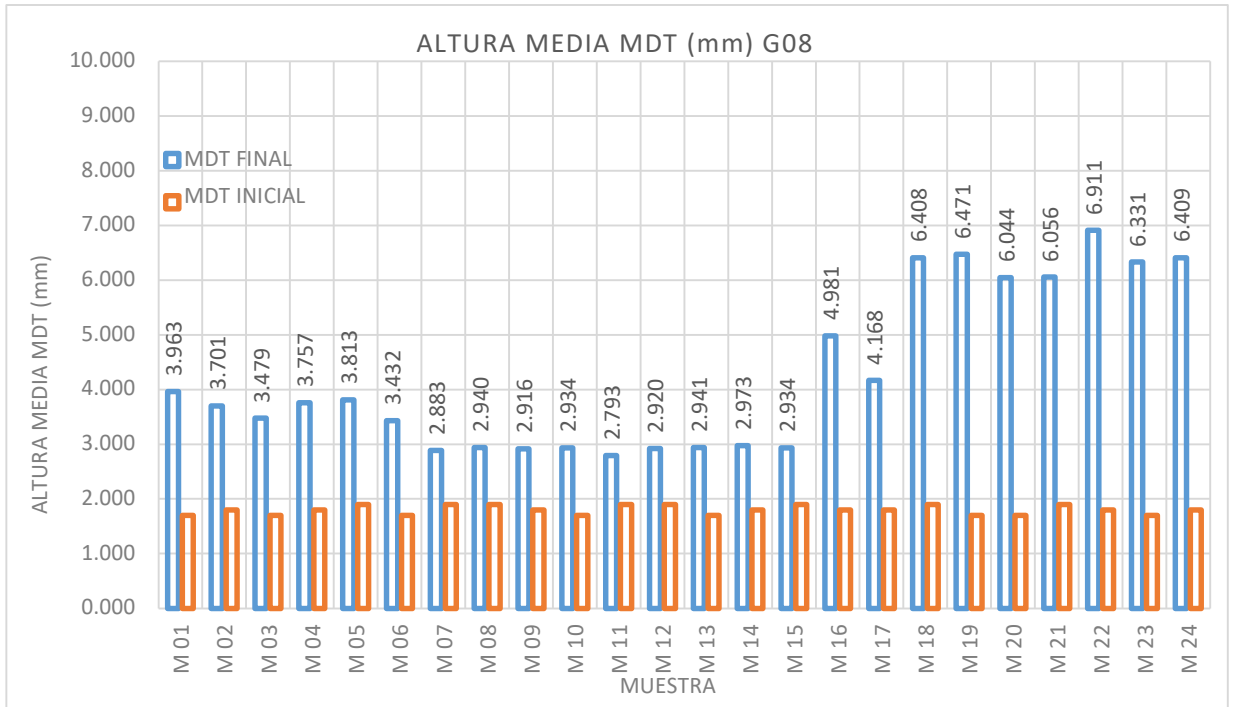


Ilustración 52 Diagrama de barras resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de círculo de arena para granulometría G8

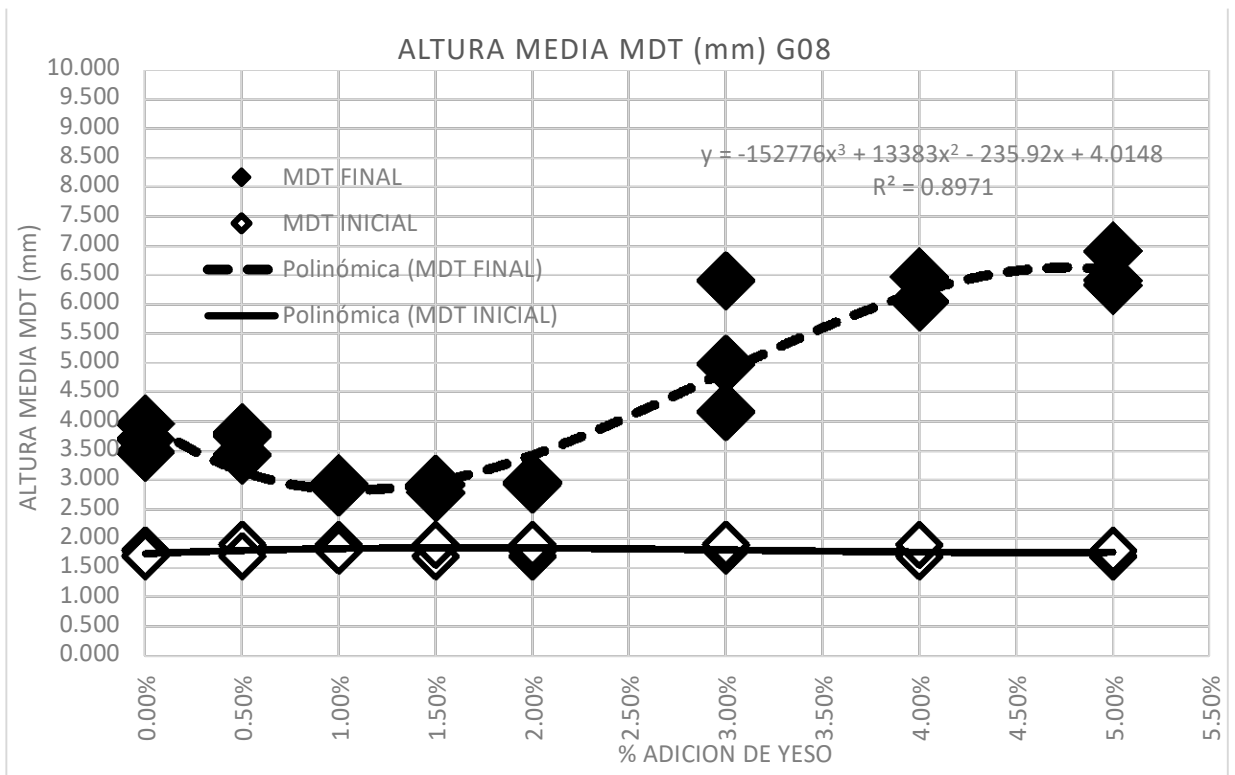


Ilustración 53 Gráfica de tendencia de resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de círculo de arena para granulometría G8



MUESTRA	% YESO	DIÁMETRO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MDT FINAL	MDT INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.13	24607.485	88.00	78.00	78.00	81.33	4.736	1.400	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.25	24666.390	80.00	87.00	84.00	83.67	4.487	1.500	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.15	24617.303	85.00	82.00	84.00	83.67	4.478	1.400	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.13	24607.485	77.00	82.00	86.00	81.67	4.698	1.400	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.24	24661.482	77.00	89.00	82.00	82.67	4.595	1.500	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.15	24617.303	88.00	83.00	84.00	85.00	4.338	1.400	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.24	24661.482	93.00	91.00	94.00	92.67	3.657	1.400	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.21	24646.755	84.00	90.00	85.00	86.33	4.210	1.500	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.23	24656.573	89.00	78.00	85.00	84.00	4.449	1.500	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.14	24612.394	94.00	84.00	92.00	90.00	3.869	1.500	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.12	24602.577	94.00	87.00	89.00	90.00	3.867	1.400	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.24	24661.482	80.00	82.00	91.00	84.33	4.415	1.300	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.13	24607.485	79.00	79.00	83.00	80.33	4.855	1.400	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.22	24651.664	85.00	85.00	88.00	86.00	4.244	1.400	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.24	24661.482	80.00	81.00	84.00	81.67	4.708	1.500	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.21	24646.755	82.00	86.00	82.00	83.33	4.519	1.300	MEDIA
M 17	3.00%	25.00	50.15	24617.303	77.00	86.00	83.00	82.00	4.661	1.400	MEDIA
M 18	3.00%	25.00	50.24	24661.482	81.00	86.00	82.00	83.00	4.558	1.400	MEDIA
M 19	4.00%	25.00	50.12	24602.577	73.00	78.00	77.00	76.00	5.423	1.500	RUGOSO
M 20	4.00%	25.00	50.22	24651.664	84.00	82.00	86.00	84.00	4.448	1.400	MEDIA
M 21	4.00%	25.00	50.22	24651.664	77.00	86.00	71.00	78.00	5.159	1.300	RUGOSO
M 22	5.00%	25.00	50.14	24612.394	87.00	72.00	81.00	80.00	4.896	1.300	MEDIA
M 23	5.00%	25.00	50.11	24597.668	78.00	79.00	77.00	78.00	5.148	1.300	RUGOSO
M 24	5.00%	25.00	50.22	24651.664	83.00	77.00	83.00	81.00	4.784	1.300	MEDIA

*Tabla 19 Resultados del ensayo de circulo de arena para tratamiento superficial elaborada con granulometría G8*

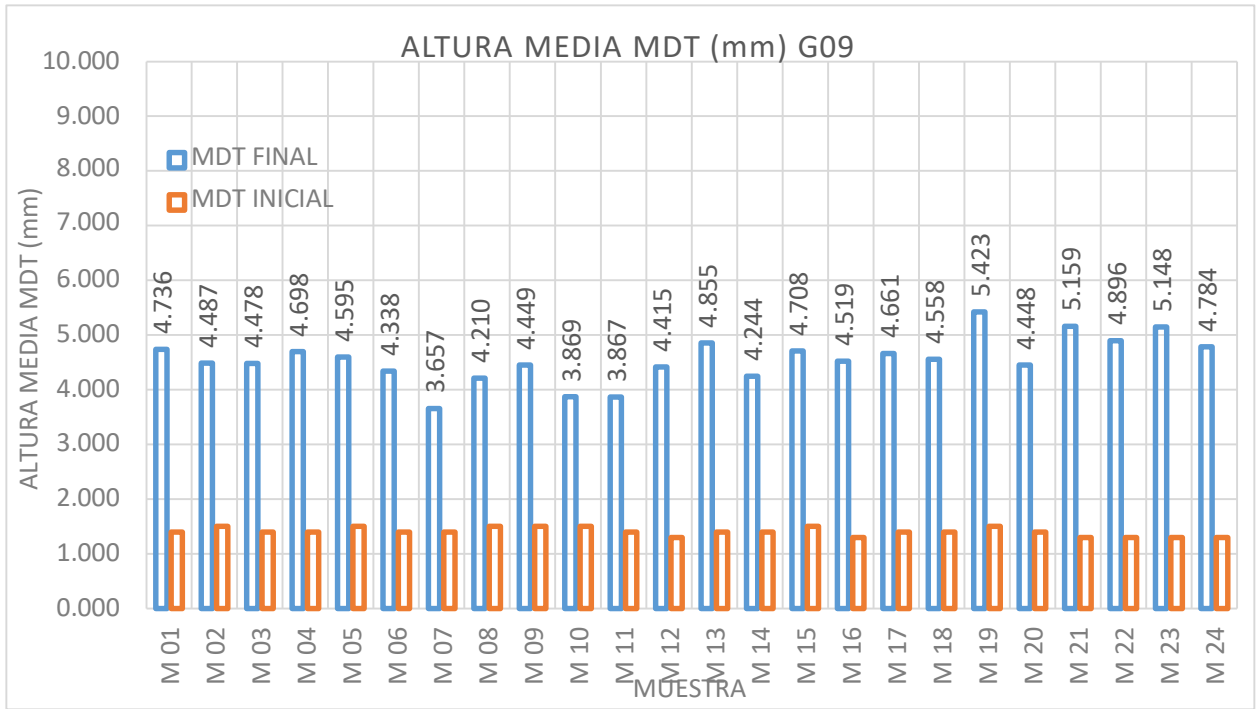
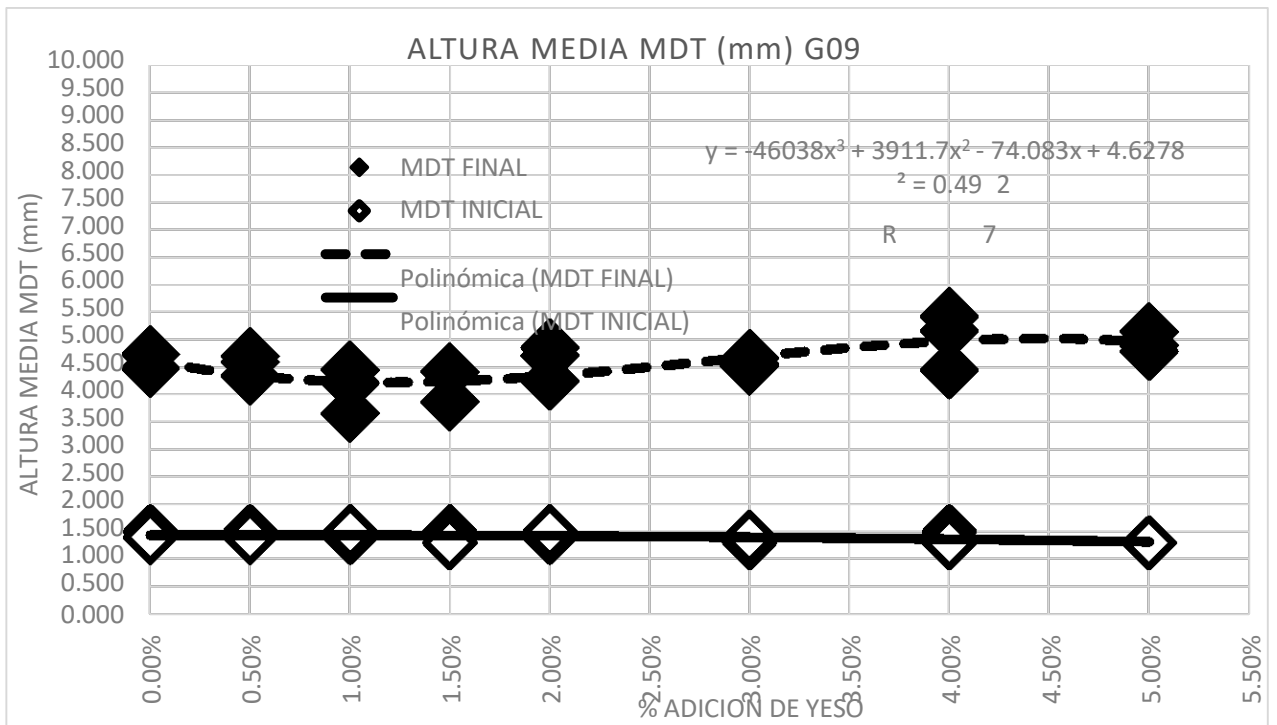


Ilustración 54 Diagrama de barras resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de círculo de arena para granulometría G9



*Ilustración 55 Gráfica de tendencia de resultados del MDT inicial y MDT final del ensayo de circulo de arena para granulometría G9*

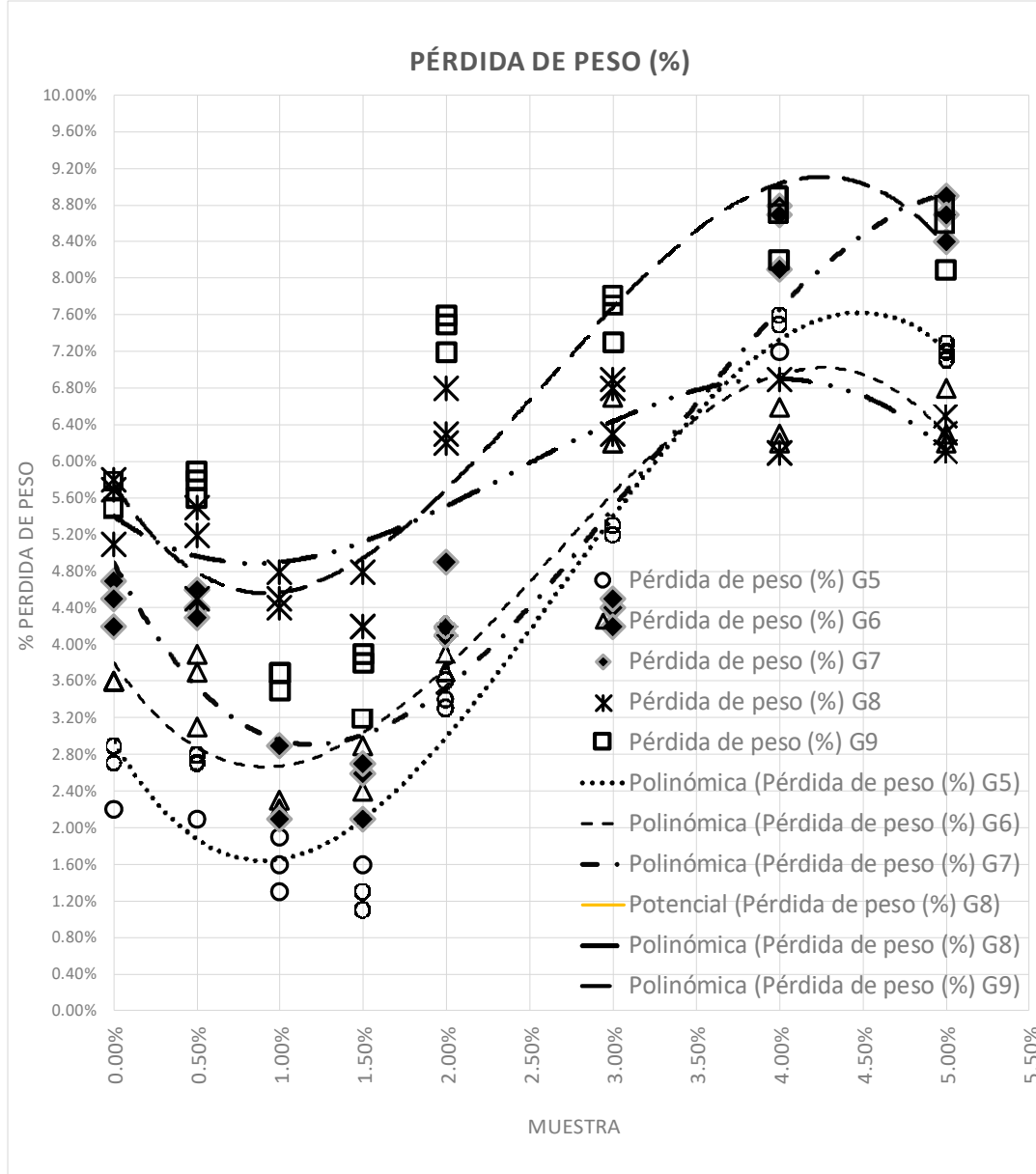
## CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Pérdida de peso de la muestra

En el cuadro resumen de resultados de pérdida de peso, se indica que existe una tendencia clara en la reducción de la resistencia a la erosión de la granulometría más gruesa G5 a granulometría más fina G9, en todos los casos se ha mejorado el comportamiento ante la erosión con adiciones del 0.50%, 1.00% y hasta 1.5%, después de esto la pérdida de peso aumenta reduciendo la resistencia la erosión.

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	%YESO	Pérdida de peso peso (%) G5	Pérdida de peso (%) G6	Pérdida de peso (%) G7	Pérdida de peso (%) G8	Pérdida de peso (%) G9
M 01	5.00	1.88	0.00%	2.20%	3.60%	4.70%	5.10%	5.50%
M 02	5.00	1.88	0.00%	2.70%	3.60%	4.50%	5.80%	5.80%
M 03	5.00	1.88	0.00%	2.90%	3.60%	4.20%	5.70%	5.50%
M 04	5.00	1.88	0.50%	2.80%	3.10%	4.60%	5.50%	5.90%
M 05	5.00	1.88	0.50%	2.10%	3.70%	4.40%	5.20%	5.60%
M 06	5.00	1.88	0.50%	2.70%	3.90%	4.30%	4.50%	5.80%
M 07	5.00	1.88	1.00%	1.90%	2.20%	2.90%	4.40%	3.50%
M 08	5.00	1.88	1.00%	1.60%	2.20%	2.10%	4.50%	3.70%
M 09	5.00	1.88	1.00%	1.30%	2.30%	2.90%	4.80%	3.70%
M 10	5.00	1.88	1.50%	1.30%	2.70%	2.60%	4.20%	3.90%
M 11	5.00	1.88	1.50%	1.10%	2.90%	2.10%	4.80%	3.80%
M 12	5.00	1.88	1.50%	1.60%	2.40%	2.70%	4.20%	3.20%
M 13	5.00	1.88	2.00%	3.40%	3.70%	4.90%	6.30%	7.20%
M 14	5.00	1.88	2.00%	3.60%	3.70%	4.10%	6.80%	7.50%
M 15	5.00	1.88	2.00%	3.30%	3.90%	4.20%	6.20%	7.60%
M 16	5.00	1.88	3.00%	5.20%	6.20%	4.40%	6.80%	7.70%
M 17	5.00	1.88	3.00%	5.30%	6.70%	4.50%	6.90%	7.80%
M 18	5.00	1.88	3.00%	5.30%	6.20%	4.20%	6.30%	7.30%
M 19	5.00	1.88	4.00%	7.60%	6.20%	8.10%	6.90%	8.70%
M 20	5.00	1.88	4.00%	7.20%	6.30%	8.80%	6.10%	8.90%
M 21	5.00	1.88	4.00%	7.50%	6.60%	8.70%	6.10%	8.20%
M 22	5.00	1.88	5.00%	7.30%	6.30%	8.40%	6.50%	8.60%
M 23	5.00	1.88	5.00%	7.10%	6.20%	8.90%	6.10%	8.10%
M 24	5.00	1.88	5.00%	7.20%	6.80%	8.70%	6.30%	8.80%

*Tabla 20 Tabla resumen de pérdida de peso de la muestra de tratamiento superficial*



*Ilustración 56 Gráfica resumen de pérdida de peso de las muestras de tratamiento superficial.*

La investigación ha demostrado que la adición de yeso solo ayuda a la resistencia de erosión en porcentajes muy bajos, a partir de 1.5% vemos un incremento en la pendiente de la curva que denota un incremento de la pérdida de la erosión.

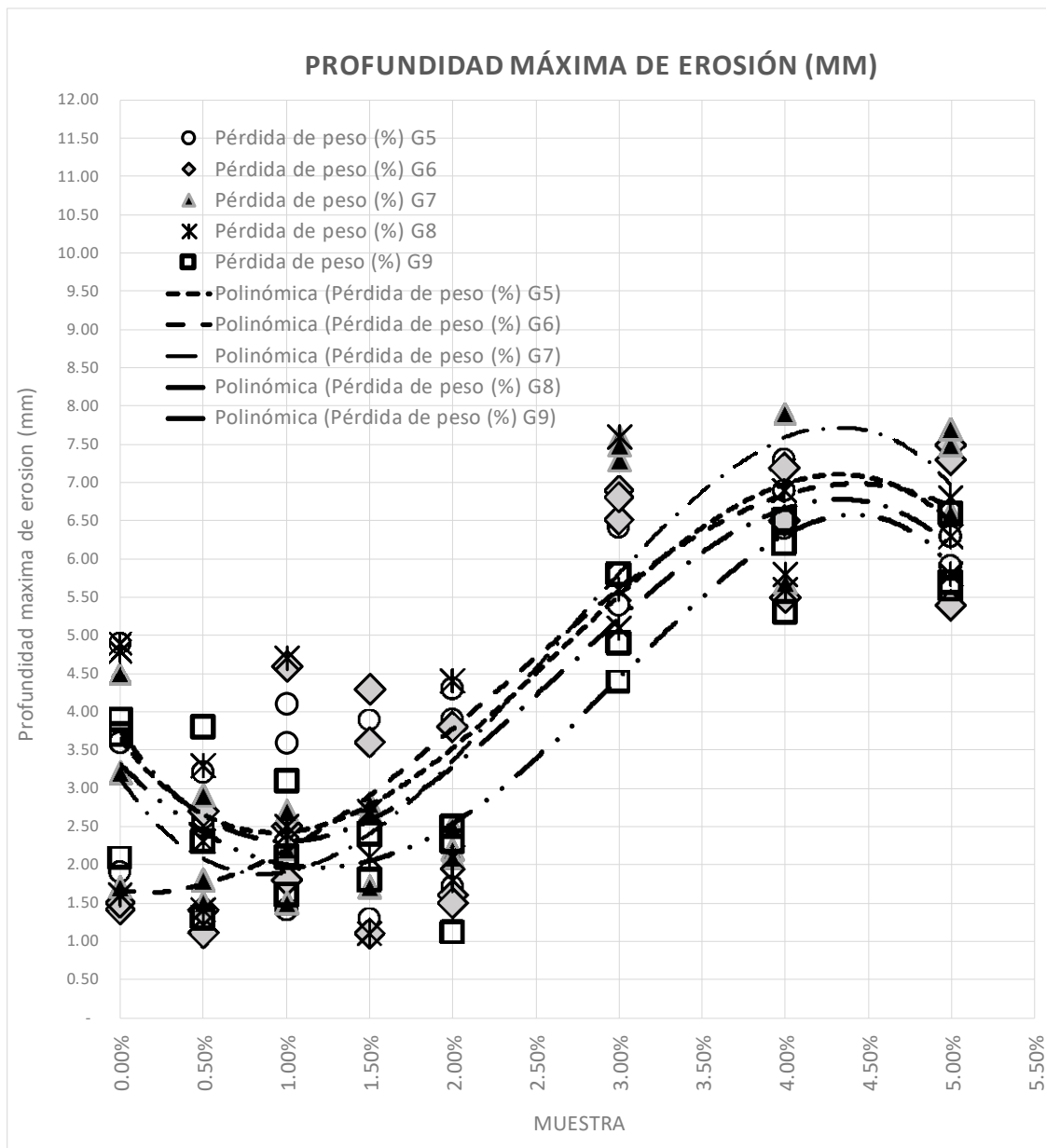
La mejora de la resistencia a la erosión que va desde 0% a 1.5% va en un 75% de reducción, sin embargo, se incrementa en 214%.

## 5.2. Profundidad máxima de erosión

Los ensayos han demostrado que la profundidad de erosión tiene un comportamiento similar la pérdida de peso de la muestra. Las adiciones de yeso reducen la profundidad de erosión solo hasta 1.5%, a mayor adición de % de adición de yeso la profundidad de erosión se ha incrementado a 7 mm. La investigación ha demostrado que las capas de tratamiento con agregado más fino han mostrado menos profundidad de erosión, pero un área más grande de afectación.

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	% YESO	Pérdida de peso peso (%) G5	Pérdida de peso (%) G6	Pérdida de peso (%) G7	Pérdida de peso (%) G8	Pérdida de peso (%) G9
M 01	5.00	1.88	0.00%	4.90	1.50	4.50	4.80	3.90
M 02	5.00	1.88	0.00%	1.90	1.40	3.20	4.90	3.70
M 03	5.00	1.88	0.00%	3.60	1.50	1.70	1.60	2.10
M 04	5.00	1.88	0.50%	2.50	1.10	1.80	2.30	3.80
M 05	5.00	1.88	0.50%	3.20	2.70	1.50	1.40	1.30
M 06	5.00	1.88	0.50%	2.60	1.40	2.90	3.30	2.30
M 07	5.00	1.88	1.00%	3.60	1.80	2.70	4.70	3.10
M 08	5.00	1.88	1.00%	4.10	4.60	1.50	2.50	1.60
M 09	5.00	1.88	1.00%	1.40	2.50	2.20	2.40	2.10
M 10	5.00	1.88	1.50%	1.30	1.10	2.70	2.70	1.80
M 11	5.00	1.88	1.50%	3.90	3.60	1.70	2.10	2.40
M 12	5.00	1.88	1.50%	1.30	4.30	2.80	1.10	1.80
M 13	5.00	1.88	2.00%	1.70	1.60	2.50	1.80	1.10
M 14	5.00	1.88	2.00%	3.90	1.50	2.20	2.10	2.50
M 15	5.00	1.88	2.00%	4.30	3.80	2.10	4.40	2.30
M 16	5.00	1.88	3.00%	5.80	6.90	7.30	5.60	4.90
M 17	5.00	1.88	3.00%	6.40	6.50	7.60	7.60	4.40
M 18	5.00	1.88	3.00%	5.40	6.80	7.50	5.10	5.80
M 19	5.00	1.88	4.00%	6.40	7.20	7.90	5.80	6.50
M 20	5.00	1.88	4.00%	7.30	5.50	5.70	5.60	6.20
M 21	5.00	1.88	4.00%	6.90	6.50	5.70	6.90	5.30
M 22	5.00	1.88	5.00%	5.90	7.50	7.50	6.80	6.60
M 23	5.00	1.88	5.00%	7.30	7.30	6.60	5.80	5.60
M 24	5.00	1.88	5.00%	6.30	5.40	7.70	6.30	5.70

*Tabla 21 Tabla resumen de profundidad de erosión de la muestra de tratamiento superficial*



*Ilustración 57 Gráfica resumen de profundidad de erosión de las muestras de tratamiento superficial.*

Los ensayos han demostrado que el tratamiento superficial elaborado con agregado más fino tiene mejor resistencia a la erosión, tal vez debido a que al descubrir el asfalto que se encuentra en la superficie se encuentra con agregado fino que resiste mejor a la acción de la erosión sin embargo el área afectada es más amplia, por tal a pesar que la profundidad de erosión es más baja el área de afectada es mayor, por lo cual el % de pérdida de peso es mayor.

### 5.3. Macrotextura con círculo de arena

Al medir la macrotextura de las muestras de tratamiento superficial se ha podido denotar un cambio considerable antes y después del ensayo de erosión. Es evidente que el ensayo de erosión acelerada causa un incremento de la textura a raíz de una exposición de las partículas de agregado por pérdida del asfalto más superficial y partículas de agregado.

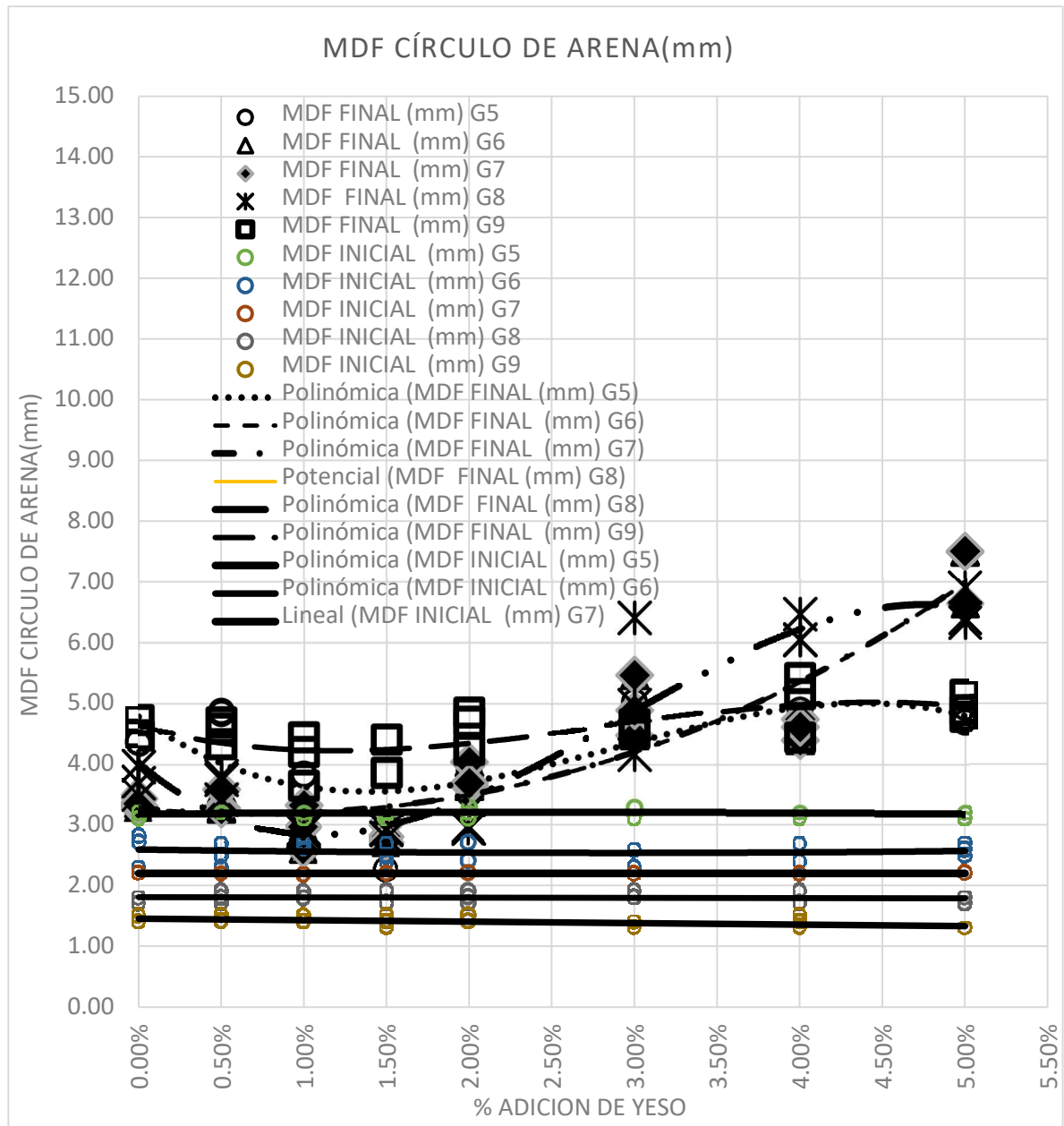


Tabla 22 Gráfica resumen de valores del MDF DE MACROTEXTURA de las muestras de tratamiento superficial.

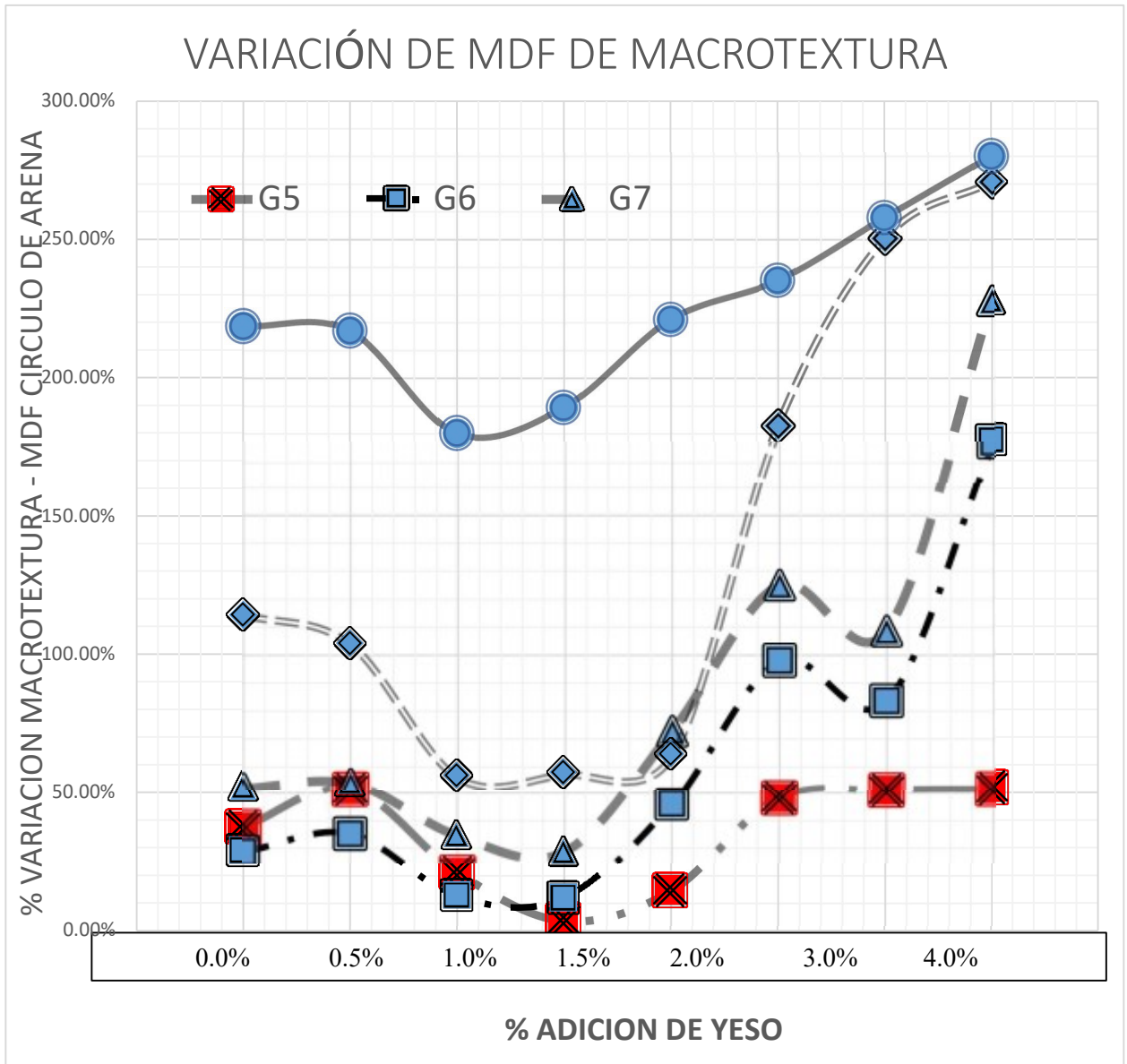


Ilustración 58 Gráfica resumen de variación de la macrotextura de muestras de tratamiento superficial

En el gráfico resumen de variación de la macrotextura, se indica que la muestra que menor variación de la macrotextura ha tenido la muestra de tratamiento superficial elaborado con la granulometría G5, que ha sufrido una variación de entre 3.6% a un máximo de 51.8%, el tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G6, mostro una variación mínima de 11.70% y un máximo de 177.5%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G7,



mostro una variación mínima de 28.70% y un máximo de 228.0%. el tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G8, mostro una variación mínima de 56.10% y un máximo de 270.2%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G9, mostro una variación mínima de 179.90% y un máximo de 280.25%.

En todos los casos, la variación más baja se dio con las adiciones de yeso de entre 1.00% a 1.5%.

## 5.4. Análisis estadístico

### 5.4.1. PÉRDIDA DE PESO (%):

#### Descriptivos:

Respecto de los resultados obtenidos acerca del efecto del yeso en diferentes porcentajes, se procesan los datos descriptivos sobre la pérdida de peso de las muestras G9 a través de la adición de distintos porcentajes de yeso. Presentando en la siguiente tabla los resultados estadísticos analizados mediante la asignación de rangos en los porcentajes de adición de yeso, con la finalidad de encontrar la distribución de los datos en análisis para su respectiva validación de sus variables.

Tabla 23 Descriptivos - Pérdida de peso (%)

		Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
		Adición de yeso (%)			
Pérdida de peso (%)	,00	Media		5,6000	,10000
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,1697	
			Límite superior	6,0303	
		Media recortada al 5%			
		Mediana		5,5000	
		Varianza		,030	
		Desv. Desviación		,17321	
		Mínimo		5,50	
		Máximo		5,80	
		Rango		,30	
		Rango intercuartil			
		Asimetría		1,732	1,225
		Curtosis			
			,50	Media	
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			5,3872	
	Límite superior			6,1461	
Media recortada al 5%					
Mediana				5,8000	
Varianza				,023	
Desv. Desviación				,15275	
Mínimo				5,60	
Máximo				5,90	
Rango				,30	

		Rango intercuartil		
		Asimetría	- ,935	1,225
		Curtosis		
1,00		Media	3,6333	,06667
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,3465
			Límite superior	3,9202
		Media recortada al 5%		
		Mediana	3,7000	
		Varianza	,013	
		Desv. Desviación	,11547	
		Mínimo	3,50	
		Máximo	3,70	
		Rango	,20	
		Rango intercuartil		
		Asimetría	-1,732	1,225
		Curtosis		
1,50		Media	3,6333	,21858
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,6929
			Límite superior	4,5738
		Media recortada al 5%		
		Mediana	3,8000	
		Varianza	,143	
		Desv. Desviación	,37859	
		Mínimo	3,20	
		Máximo	3,90	
		Rango	,70	
		Rango intercuartil		
		Asimetría	-1,597	1,225
		Curtosis		
2,00		Media	7,4333	,12019
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,9162
			Límite superior	7,9504
		Media recortada al 5%		
		Mediana	7,5000	
		Varianza	,043	
		Desv. Desviación	,20817	
		Mínimo	7,20	
		Máximo	7,60	
		Rango	,40	
		Rango intercuartil		
		Asimetría	-1,293	1,225
		Curtosis		
3,00		Media	7,6000	,15275
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,9428
			Límite superior	8,2572

	Media recortada al 5%		
	Mediana	7,7000	
	Varianza	,070	
	Desv. Desviación	,26458	
	Mínimo	7,30	
	Máximo	7,80	
	Rango	,50	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	-1,458	1,225
	Curtosis		
4,00	Media	8,6000	,20817
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,7043
		Límite superior	9,4957
	Media recortada al 5%		
	Mediana	8,7000	
	Varianza	,130	
	Desv. Desviación	,36056	
	Mínimo	8,20	
	Máximo	8,90	
	Rango	,70	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	-1,152	1,225
	Curtosis		
5,00	Media	8,5000	,20817
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,6043
		Límite superior	9,3957
	Media recortada al 5%		
	Mediana	8,6000	
	Varianza	,130	
	Desv. Desviación	,36056	
	Mínimo	8,10	
	Máximo	8,80	
	Rango	,70	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	-1,152	1,225
	Curtosis		

Fuente: Elaboración propia

### Prueba de normalidad:

Se plantean hipótesis en relación a la distribución de la muestra a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ :

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

H1: Los datos no provienen de una distribución normal.

En la siguiente tabla se presenta el análisis de la prueba de normalidad obtenida a partir del análisis de la pérdida de peso de las muestras G9, donde a distintos porcentajes de adición de yeso se asignan tres grados de libertad para los rangos asignados para el análisis estadístico. Al trabajar con grados de libertad menores a cincuenta, el análisis correspondiente a evaluar es por Shapiro-Wilk, donde se puede apreciar que no todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo que se puede interpretar una distribución de datos es no paramétrico.

Tabla 24 Prueba de normalidad - Pérdida de peso (%)

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Adición de yeso (%)	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pérdida de peso (%)	,00	,385	3	.	,750	3	,000
	,50	,253	3	.	,964	3	,637
	1,00	,385	3	.	,750	3	,000
	1,50	,337	3	.	,855	3	,253
	2,00	,292	3	.	,923	3	,463
	3,00	,314	3	.	,893	3	,363
	4,00	,276	3	.	,942	3	,537
	5,00	,276	3	.	,942	3	,537

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

### Histograma:

En la siguiente figura se presenta el histograma resultante para la pérdida de peso de las muestras G9 en adición de yeso. Donde se puede apreciar una frecuencia con un sesgo simétrico a la distribución de datos, para la distribución de datos no paramétrica. La pérdida de peso presenta una media 6.35 para los 24 datos en análisis y una desviación estándar de 1.927.

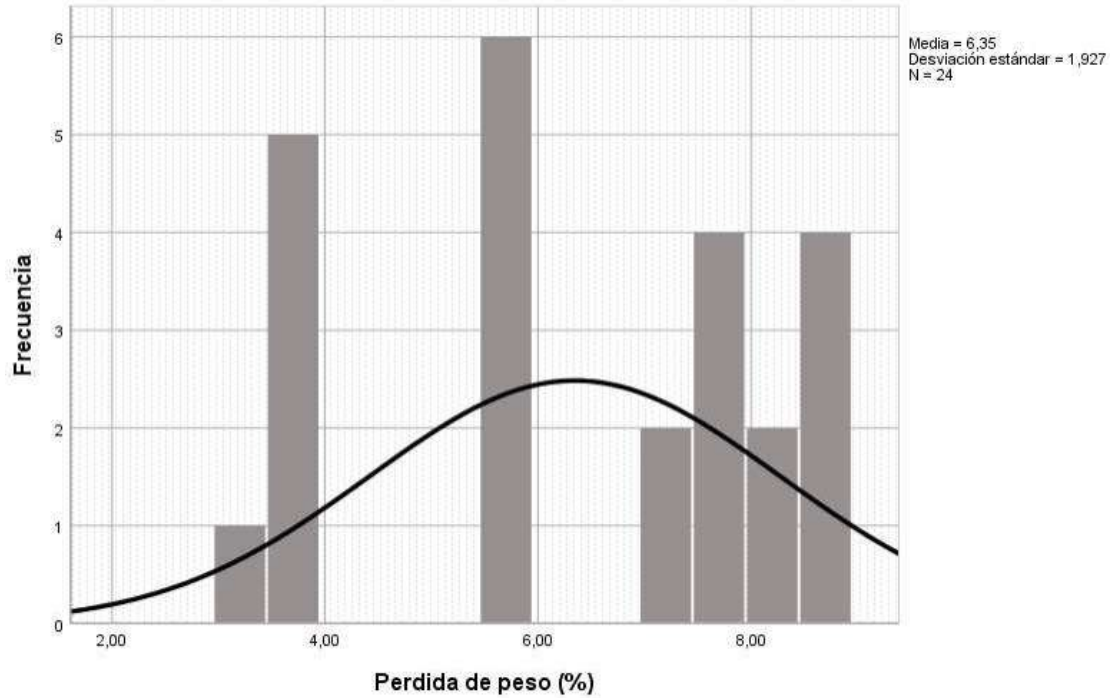


Ilustración 59 Histograma - Pérdida de peso (%)  
Fuente: Elaboración propia

**Análisis de varianza:**

Se plantean hipótesis en relación a la comparación de medias a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ :

Ho: No existe diferencia estadística significativa entre las medias.

H1: Existe diferencia estadística significativa entre las medias.

Se realizó el análisis de varianza de dos factores para una distribución de datos no paramétrica, donde si la significancia entre grupos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, de lo contrario se aceptaría la hipótesis nula. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis de varianza para la pérdida de peso obtenidos.

Tabla 25 Análisis de varianza - Pérdida de peso (%)

**ANOVA**

Pérdida de peso (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	84,253	7	12,036	165,067	,000
Dentro de grupos	1,167	16	,073		
Total	85,420	23			

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo que la significancia es de  $1.04 \times 10^{-3}$  menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existe diferencia estadística significativa entre las medias de la adición de yeso a un nivel de significación de  $\alpha=0.05$  y que las proporciones de adición de yeso influyen de manera diferente y significativa en la pérdida de peso de las muestras G9. Por lo que se desarrolla la prueba de Duncan para verificar que las medias son diferentes estadísticamente.

Tabla 26 Análisis de varianza Duncan - Pérdida de peso (%)  
**Pérdida de peso (%)**

Adición de yeso (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
1,50	3	3,6333			
1,00	3	3,6333			
,00	3		5,6000		
,50	3		5,7667		
2,00	3			7,4333	
3,00	3			7,6000	
5,00	3				8,5000
4,00	3				8,6000
Sig.		1,000	,461	,461	,656

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis de Duncan, la cual se emplea cuando las medias de los porcentajes de adición de yeso son diferentes, el 1% y 1.5% de adición de yeso tienen medias similares, el 0% y 0.5% de adición tienen medias similares, el 2% y 3% de adición también tienen medias similares y el 4% y 5% de adición tienen medias similares entre sí. Entonces se concluye que el 1% y 1.5%, 0% y 0.5%, 2% y 3%, y 4% y 5% son estadísticamente similares cada par; además se debe destacar que el 4% de adición de yeso proporcionó mejores resultados.

#### **ANOVA:**

En la siguiente tabla se realiza el análisis no paramétrico que no cuenta con una distribución normal, mediante el análisis de varianza Kruskal Wallis analizada a las variables de pérdida de peso (%) a diferentes porcentajes de adición de yeso.

Tabla 27 Prueba de ANOVA - Pérdida de peso (%)  
**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Pérdida de peso (%) es la misma entre las categorías de Adición de yeso (%).	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,003	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración propia

Al rechazar la hipótesis nula se concluye que la comparación entre medias obtuvo una significancia de 0.003 menor a 0.05, por lo que existe diferencia en las medias en al menos dos de los grupos analizados, como se obtuvo en el análisis de varianza por Duncan.

### Dispersión de puntos:

A partir de la base de datos validada y correlacionada en la tabla anterior, se presenta en la siguiente grafica el cuadro de dispersión de puntos generado para la pérdida de peso a medida que aumenta el porcentaje de adición de yeso. Teniendo una ecuación de ajuste con un  $R^2 = 0.747$  que representa un coeficiente alto para la línea tendencia resultante en los distintos rangos asignados para la pérdida de peso.

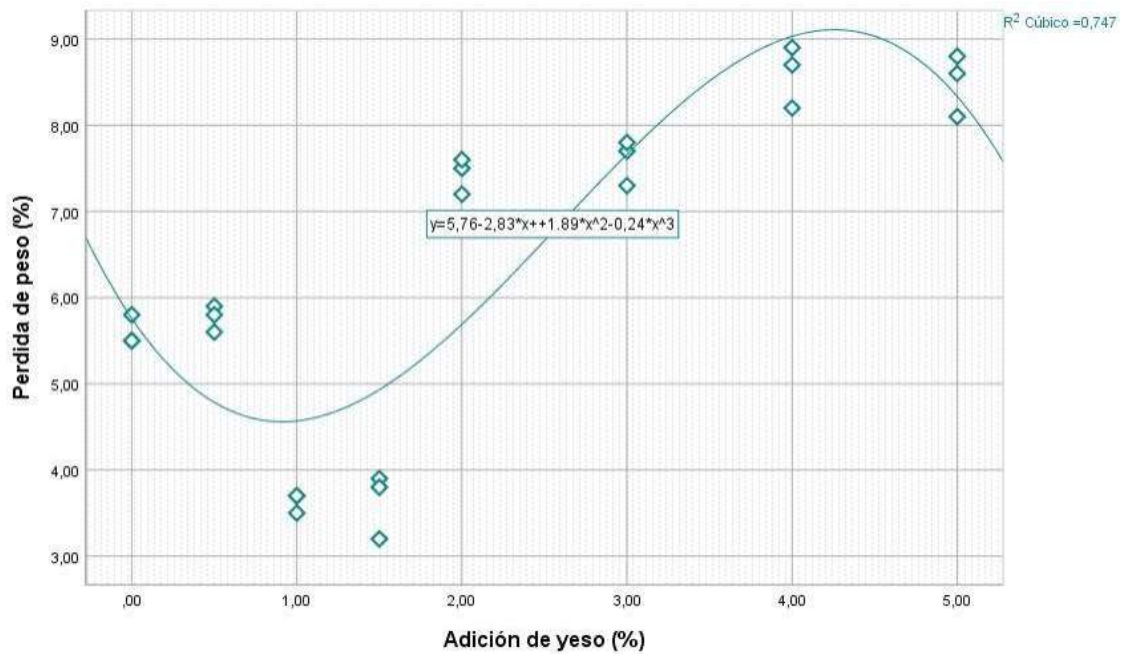


Ilustración 60 Diagrama de dispersión de puntos - Pérdida de peso (%)

Fuente: Elaboración propia



## 5.4.2. PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EROSIÓN (mm):

### Descriptivos:

Respecto de los resultados obtenidos acerca del efecto del yeso en diferentes porcentajes, se procesan los datos descriptivos sobre la profundidad máxima de erosión de las muestras G9 a través de la adición de distintos porcentajes de yeso. Presentando en la siguiente tabla los resultados estadísticos analizados mediante la asignación de rangos en los porcentajes de adición de yeso, con la finalidad de encontrar la distribución de los datos en análisis para su respectiva validación de sus variables.

Tabla 28 Descriptivos - Profundidad máxima de erosión (mm)

		Adición de yeso (%)		Estadístico	Desv. Error		
Profundidad máxima de erosión (mm)	,00	Media		3,233	,5696		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,783			
			Límite superior	5,684			
		Media recortada al 5%					
		Mediana		3,700			
		Varianza		,973			
		Desv. Desviación		,9866			
		Mínimo		2,1			
		Máximo		3,9			
		Rango		1,8			
		Rango intercuartil					
		Asimetría		-1,652	1,225		
		Curtosis					
			,50	Media		2,467	,7265
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,659	
Límite superior	5,592						
Media recortada al 5%							
Mediana				2,300			
Varianza				1,583			
Desv. Desviación				1,2583			
Mínimo				1,3			
Máximo				3,8			
Rango				2,5			
Rango intercuartil							
Asimetría				,586	1,225		
Curtosis							
	1,00			Media		2,267	,4410
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,369	
		Límite superior	4,164				
Media recortada al 5%							

	Mediana		2,100
	Varianza		,583
	Desv. Desviación		,7638
	Mínimo		1,6
	Máximo		3,1
	Rango		1,5
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		,935 1,225
	Curtosis		.
1,50	Media		2,000 ,2000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,139
		Límite superior	2,861
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		1,800
	Varianza		,120
	Desv. Desviación		,3464
	Mínimo		1,8
	Máximo		2,4
	Rango		,6
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		1,732 1,225
	Curtosis		.
2,00	Media		1,967 ,4372
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,086
		Límite superior	3,848
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		2,300
	Varianza		,573
	Desv. Desviación		,7572
	Mínimo		1,1
	Máximo		2,5
	Rango		1,4
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		-1,597 1,225
	Curtosis		.
3,00	Media		5,033 ,4096
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,271
		Límite superior	6,796
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		4,900
	Varianza		,503
	Desv. Desviación		,7095
	Mínimo		4,4
	Máximo		5,8
	Rango		1,4
	Rango intercuartil		.

	Asimetría		,816	1,225
	Curtosis			
4,00	Media		6,000	,3606
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,449	
		Límite superior	7,551	
	Media recortada al 5%			
	Mediana		6,200	
	Varianza		,390	
	Desv. Desviación		,6245	
	Mínimo		5,3	
	Máximo		6,5	
	Rango		1,2	
	Rango intercuartil			
	Asimetría		-1,293	1,225
	Curtosis			
5,00	Media		5,967	,3180
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,599	
		Límite superior	7,335	
	Media recortada al 5%			
	Mediana		5,700	
	Varianza		,303	
	Desv. Desviación		,5508	
	Mínimo		5,6	
	Máximo		6,6	
	Rango		1,0	
	Rango intercuartil			
	Asimetría		1,668	1,225
	Curtosis			

Fuente: Elaboración propia

### Prueba de normalidad:

Se plantean hipótesis en relación a la distribución de la muestra a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ :

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

H1: Los datos no provienen de una distribución normal.

En la siguiente tabla se presenta el análisis de la prueba de normalidad obtenida a partir del análisis de la profundidad máxima de erosión de las muestras G9, donde a distintos porcentajes de adición de yeso se asignan tres grados de libertad para los rangos asignados para el análisis estadístico. Al trabajar con grados de libertad menores a cincuenta, el análisis correspondiente a evaluar es por Shapiro-Wilk, donde se puede apreciar que no todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo que se puede interpretar una distribución de datos es no paramétrico.

Tabla 29 Prueba de normalidad - Profundidad máxima de erosión (mm)

**Pruebas de normalidad**

	Adición de yeso (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Profundidad máxima de erosión (mm)	,00	,349	3	.	,832	3	,194
	,50	,219	3	.	,987	3	,780
	1,00	,253	3	.	,964	3	,637
	1,50	,385	3	.	,750	3	,000
	2,00	,337	3	.	,855	3	,253
	3,00	,241	3	.	,974	3	,688
	4,00	,292	3	.	,923	3	,463
	5,00	,353	3	.	,824	3	,174

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

**Histograma:**

En la siguiente figura se presenta el histograma resultante para la profundidad máxima de erosión de las muestras G9 en adición de yeso. Donde se puede apreciar una frecuencia con un sesgo simétrico a la distribución de datos, para la distribución de datos no paramétrica. La profundidad máxima de erosión presenta una media 3.62 para los 24 datos en análisis y una desviación estándar de 1.813.

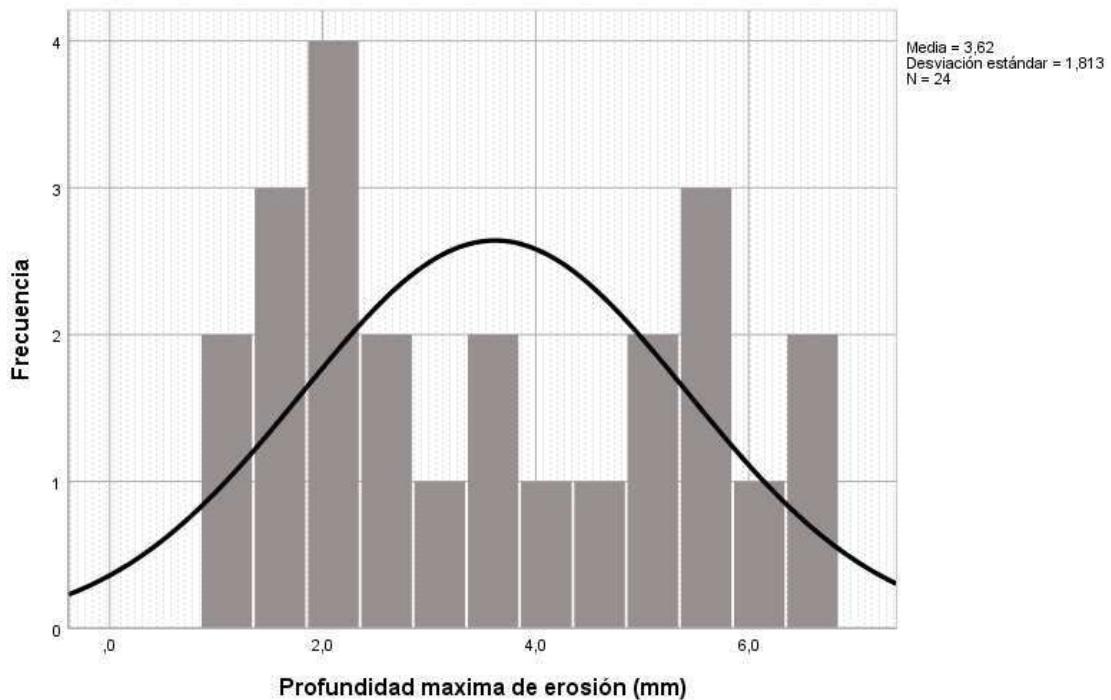


Ilustración 61 Histograma - Profundidad máxima de erosión (mm)

Fuente: Elaboración propia

### Análisis de varianza:

Se plantean hipótesis en relación a la comparación de medias a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ :

Ho: No existe diferencia estadística significativa entre las medias.

H1: Existe diferencia estadística significativa entre las medias.

Se realizó el análisis de varianza de dos factores para una distribución de datos no paramétrica, donde si la significancia entre grupos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, de lo contrario se aceptaría la hipótesis nula. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis de varianza para la profundidad máxima de erosión obtenidos.

Tabla 30 Análisis de varianza - Profundidad máxima de erosión (mm)

#### ANOVA

Profundidad maxima de erosión (mm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	65,513	7	9,359	14,885	,000
Dentro de grupos	10,060	16	,629		
Total	75,573	23			

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo que la significancia es de  $6 \times 10^{-7}$  menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existe diferencia estadística significativa entre las medias de la adición de yeso a un nivel de significación de  $\alpha=0.05$  y que las proporciones de adición de yeso influyen de manera diferente y significativa en la profundidad máxima de erosión de las muestras G9. Por lo que se desarrolla la prueba de Duncan para verificar que las medias son diferentes estadísticamente.

Tabla 31 Análisis de varianza Duncan - Profundidad máxima de erosión (mm)

Profundidad maxima de erosión (mm)			
Duncan <sup>a</sup>			
Adición de yeso (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2,00	3	1,967	
1,50	3	2,000	
1,00	3	2,267	
,50	3	2,467	
,00	3	3,233	
3,00	3		5,033
5,00	3		5,967
4,00	3		6,000
Sig.		,095	,176

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis de Duncan, la cual se emplea cuando las medias de los porcentajes de adición de yeso son diferentes, el 0%,1%, 1.5% y 2% de adición de yeso tienen medias similares y el 3%, 4% y 5% de adición tienen medias similares entre sí. Entonces se concluye que el 0%,1%, 1.5% y 2% y 3%, 4% y 5% son estadísticamente similares cada grupo; además se debe destacar que el 4% de adición de yeso proporcionó mejores resultados.

#### ANOVA:

En la siguiente tabla se realiza el análisis no paramétrico que no cuenta con una distribución normal, mediante el análisis de varianza Kruskal Wallis analizada a las variables de profundidad máxima de erosión (mm) a diferentes porcentajes de adición de yeso.

Tabla 32 Prueba de ANOVA - Profundidad máxima de erosión (mm)

#### Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Profundidad maxima de erosión (mm) es la misma entre las categorías de Adición de yeso (%).	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,014	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración propia

Al rechazar la hipótesis nula se concluye que la comparación entre medias obtuvo una significancia de 0.014 menor a 0.05, por lo que existe diferencia en las medias en al menos dos de los grupos analizados, como se obtuvo en el análisis de varianza por Duncan.

### Dispersión de puntos:

A partir de la base de datos validada y correlacionada en la tabla anterior, se presenta en la siguiente gráfica el cuadro de dispersión de puntos generado para la profundidad máxima de erosión a medida que aumenta el porcentaje de adición de yeso. Teniendo una ecuación de ajuste con un  $R^2 = 0.827$  que representa un coeficiente alto para la línea tendencia resultante en los distintos rangos asignado para la profundidad máxima de erosión.

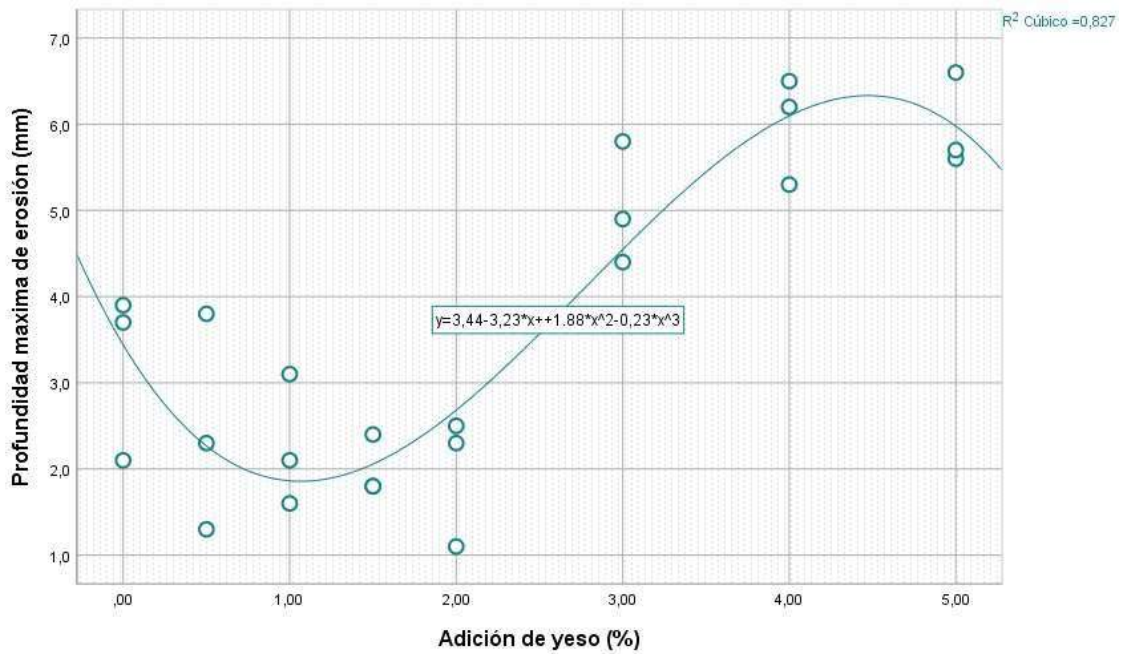


Ilustración 62 Diagrama de dispersión de puntos - Profundidad máxima de erosión (mm)  
Fuente: Elaboración propia

### 6. Macro textura FINAL (mm):

#### Descriptivos:

Respecto de los resultados obtenidos acerca del efecto del yeso en diferentes porcentajes, se procesan los datos descriptivos sobre MDF final de las muestras G9 a través de la adición de distintos porcentajes de yeso. Presentando en la siguiente tabla los resultados estadísticos analizados mediante la asignación de rangos en los porcentajes de adición de yeso, con la finalidad de encontrar la distribución de los datos en análisis para su respectiva validación de sus variables.

Tabla 33 Descriptivos - MDF final (mm)

**Descriptivos**

Adición de yeso (%)		Estadístico	Desv. Error		
MDF final (mm)	,00	Media	4,56700	,084540	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,20325	
			Límite superior	4,93075	
		Media recortada al 5%			
		Mediana	4,48700		
		Varianza	,021		
		Desv. Desviación	,146427		
		Mínimo	4,478		
		Máximo	4,736		
		Rango	,258		
		Rango intercuartil			
		Asimetría	1,725	1,225	
		Curtosis			
			,50	Media	4,54367
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			4,08309	
	Límite superior			5,00425	
Media recortada al 5%					
Mediana	4,59500				
Varianza	,034				
Desv. Desviación	,185409				
Mínimo	4,338				
Máximo	4,698				
Rango	,360				
Rango intercuartil					
Asimetría	-1,150			1,225	
Curtosis					
	1,00			Media	4,10533
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,09617	
			Límite superior	5,11449	
		Media recortada al 5%			
		Mediana	4,21000		



	Varianza		,165
	Desv. Desviación		,406242
	Mínimo		3,657
	Máximo		4,449
	Rango		,792
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		-1,082 1,225
	Curtosis		.
1,50	Media		4,05033 ,182334
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,26581
		Límite superior	4,83485
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		3,86900
	Varianza		,100
	Desv. Desviación		,315812
	Mínimo		3,867
	Máximo		4,415
	Rango		,548
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		1,732 1,225
	Curtosis		.
2,00	Media		4,60233 ,184123
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,81011
		Límite superior	5,39455
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		4,70800
	Varianza		,102
	Desv. Desviación		,318911
	Mínimo		4,244
	Máximo		4,855
	Rango		,611
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		-1,327 1,225
	Curtosis		.
3,00	Media		4,57933 ,042357
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,39709
		Límite superior	4,76158
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		4,55800
	Varianza		,005
	Desv. Desviación		,073364
	Mínimo		4,519
	Máximo		4,661
	Rango		,142
	Rango intercuartil		.

	Asimetría		1,198	1,225
	Curtosis		.	.
4,00	Media		5,01000	,291151
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,75728	
		Límite superior	6,26272	
	Media recortada al 5%		.	.
	Mediana		5,15900	
	Varianza		,254	
	Desv. Desviación		,504289	
	Mínimo		4,448	
	Máximo		5,423	
	Rango		,975	
	Rango intercuartil		.	.
	Asimetría		-1,214	1,225
	Curtosis		.	.
5,00	Media		4,94267	,107637
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,47954	
		Límite superior	5,40579	
	Media recortada al 5%		.	.
	Mediana		4,89600	
	Varianza		,035	
	Desv. Desviación		,186433	
	Mínimo		4,784	
	Máximo		5,148	
	Rango		,364	
	Rango intercuartil		.	.
	Asimetría		1,056	1,225
	Curtosis		.	.

Fuente: Elaboración propia

### Prueba de normalidad:

Se plantean hipótesis en relación a la distribución de la muestra a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ :

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

H1: Los datos no provienen de una distribución normal.

En la siguiente tabla se presenta el análisis de la prueba de normalidad obtenida a partir del análisis de MDF final de las muestras G9, donde a distintos porcentajes de adición de yeso se asignan tres grados de libertad para los rangos asignados para el análisis estadístico. Al trabajar con grados de libertad menores a cincuenta, el análisis correspondiente a evaluar es por Shapiro-Wilk, donde se puede apreciar que no todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo que se puede interpretar una distribución de datos es no paramétrico.

Tabla 34 Prueba de normalidad - MDF final (mm)

**Pruebas de normalidad**

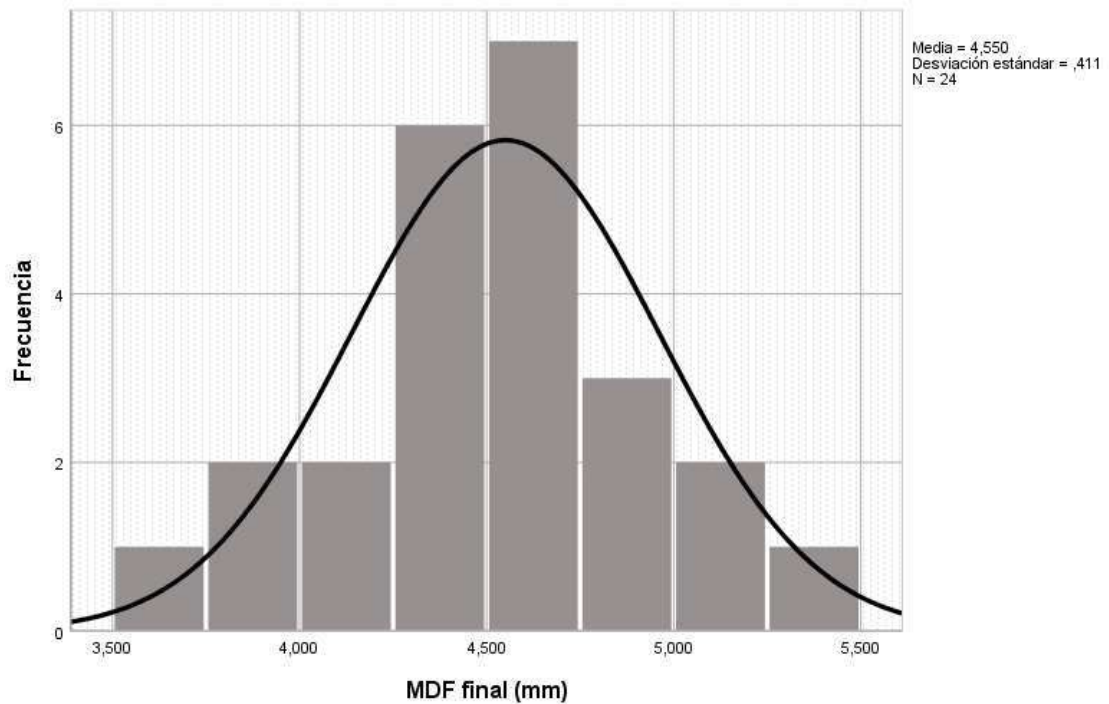
	Adición de yeso (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MDF final (mm)	,00	,374	3	.	,776	3	,059
	,50	,276	3	.	,943	3	,538
	1,00	,268	3	.	,950	3	,570
	1,50	,384	3	.	,753	3	,006
	2,00	,296	3	.	,918	3	,444
	3,00	,281	3	.	,937	3	,514
	4,00	,283	3	.	,935	3	,506
	5,00	,265	3	.	,953	3	,583

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

**Histograma:**

En la siguiente figura se presenta el histograma resultante para MDF final de las muestras G9 en adición de yeso. Donde se puede apreciar una frecuencia con un sesgo simétrico a la distribución de datos, para la distribución de datos no paramétrica. MDF final presenta una media 4.55 para los 24 datos en análisis y una desviación estándar de 0.411.



*Ilustración 63 Histograma - MDF final (mm)*

Fuente: Elaboración propia

### Análisis de varianza:

Se plantean hipótesis en relación a la comparación de medias a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ :

Ho: No existe diferencia estadística significativa entre las medias.

H1: Existe diferencia estadística significativa entre las medias.

Se realizó el análisis de varianza de dos factores para una distribución de datos no paramétrica, donde si la significancia entre grupos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, de lo contrario se aceptaría la hipótesis nula. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis de varianza para MDF final obtenidos.

Tabla 35 análisis de varianza - MDF final (mm)

ANOVA					
MDF final (mm)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,451	7	,350	3,909	,011
Dentro de grupos	1,433	16	,090		
Total	3,885	23			

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo que la significancia es de 0.011 menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existe diferencia estadística significativa entre las medias de la adición de yeso a un nivel de significación de  $\alpha=0.05$  y que las proporciones de adición de yeso influyen de manera diferente y significativa en MDF final de las muestras G9. Por lo que se desarrolla la prueba de Duncan para verificar que las medias son diferentes estadísticamente.

Tabla 36 Análisis de varianza Duncan - MDF final (mm)

**MDF final (mm)**

Duncan <sup>a</sup>			
Adición de yeso (%)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1,50	3	4,05033	
1,00	3	4,10533	
,50	3	4,54367	4,54367
,00	3	4,56700	4,56700
3,00	3	4,57933	4,57933
2,00	3	4,60233	4,60233
5,00	3		4,94267
4,00	3		5,01000
Sig.		,060	,107

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis de Duncan, la cual se emplea cuando las medias de los porcentajes de adición de yeso son diferentes, el 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 3% de adición de yeso tienen medias similares y el 0%, 0.5%, 2%, 3%, 4% y 5% de adición tienen medias similares entre sí. Entonces se concluye que el 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y el 0%, 0.5%, 2%, 3%, 4% y 5% son estadísticamente similares cada grupo; además se debe destacar que el 4% de adición de yeso proporcionó mejor resultados.

**ANOVA:**

En la siguiente tabla se realiza el análisis no paramétrico que no cuenta con una distribución normal, mediante el análisis de varianza Kruskal Wallis analizada a las variables de MDF final (mm) a diferentes porcentajes de adición de yeso.

Tabla 37 Prueba de ANOVA - MDF final (mm)

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de MDF final (mm) es la misma entre las categorías de Adición de yeso (%).	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,047	Rechazar la hipótesis nula.

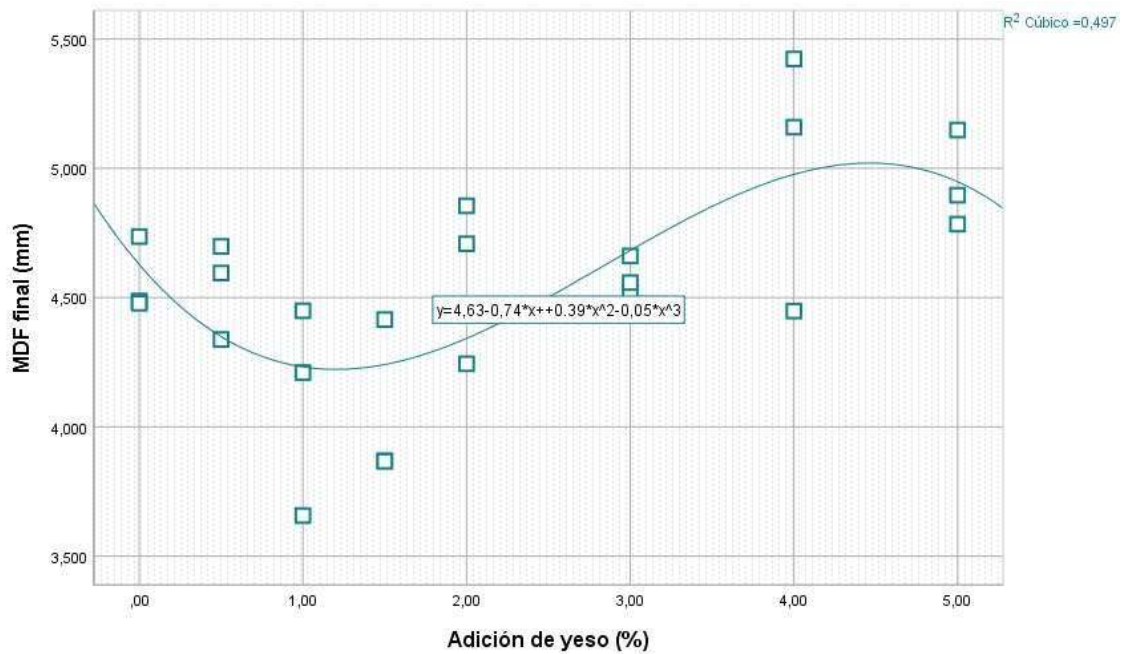
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración propia

Al rechazar la hipótesis nula se concluye que la comparación entre medias obtuvo una significancia de 0.047 menor a 0.05, por lo que existe diferencia en las medias en al menos dos de los grupos analizados, como se obtuvo en el análisis de varianza por Duncan.

### Dispersión de puntos:

A partir de la base de datos validada y correlacionada en la tabla anterior, se presenta en la siguiente grafica el cuadro de dispersión de puntos generado para MDF final a medida que aumenta el porcentaje de adición de yeso. Teniendo una ecuación de ajuste con un  $R^2 = 0.497$  que representa un coeficiente alto para la línea tendencia resultante en los distintos rangos asignado para MDF final.



*Ilustración 64 Diagrama de dispersión de puntos - MDF final (mm)*

Fuente: Elaboración propia

## Discusión 01

La adición de yeso a la mezcla del tratamiento superficial, mejora la resistencia a la erosión en adiciones de 0.5%, 1% y 1.5%, a adiciones mayores a estos porcentajes disminuye drásticamente y por lo tanto no es conveniente para el propósito de la investigación. en la investigación se ha ensayado con las granulometrías G5, G6, G7, G8 y G9. Que van desde la granulometría más gruesa a más fina. La investigación ha demostrado que la granulometría más fina sufre un mayor deterioro teniendo pérdidas de peso máximas que van de 6.5% a 9.0% en promedio. Según (2) Con respecto al ensayo absorción, los resultados para los LTC20% fueron de 13,2%(±1,0), los resultados para los LTC15% fueron de 11,1%(±2,4), los resultados para los LTC11% fueron de 9,5%(±0,7), y los resultados para los LTC7% fueron de 11,0% (±0.8). Comparados por un lado con el antecedente nacional de Holgado Cornejo y Prado Salinas (2015) pág.172 donde se obtuvieron resultados 18.10% para el diseño G estabilizado con 8% de cemento, 16.50% para el diseño I estabilizado con 8% de cemento y 18.60% para el diseño J estabilizado con 6% de cemento y por otro lado con el antecedente internacional de Roux (2010) en el cual se realizaron ensayos a LTC estabilizados con 10,8 y 6% de cemento se obtuvieron resultados de 12.63%, 10.32%y 10.00% respectivamente, Se infiere que los resultados obtenidos son relativamente cercanos a los obtenidos por Roux (2010) probablemente debido al tipo de maquinaria utilizada, de fuerza 6 ton y de tipo hidráulico. - Comparados finalmente con el máximo porcentaje de absorción aceptable para unidades de arcilla cocida según la norma peruana E.070 (22%), y con el criterio de evaluación de las normas internacionales IS 1725 y SLS 1382 ( $\leq 15\%$ ), las unidades se consideran como “aceptables”, porque no sobrepasan el % máximo permisible. Finalmente se concluye que son ensayos con los cuales se podrá realizar un adecuado control de calidad y a su vez garantizar la durabilidad de muros a construirse con BTC en zonas de clima lluvioso

## Discusión 02

Los resultados de pérdida de peso sobre las muestras debido a la erosión provocada por el agua, se pudo observar que existe una tendencia clara en la reducción de la resistencia a la erosión de la granulometría más gruesa G5 a granulometría más fina G9, en todos los casos se ha mejorado el comportamiento ante la erosión con adiciones del 0.50%, 1.00% y hasta 1.5%, después de esto la pérdida de peso aumenta reduciendo la resistencia la erosión. La

investigación ha demostrado que la adición de yeso solo ayuda a la resistencia de erosión en porcentajes muy bajos, a partir de 0.5% a 1.5% vemos un incremento en la pendiente de la curva que denota un incremento de la pérdida de la erosión. La mejora de la resistencia a la erosión que va desde 0.5% a 1.5% va en un 75% de reducción, sin embargo, a cantidades mayores de yeso se pueden observar un incremento del deterioro de hasta 214%. Según (2) Con respecto a los resultados del ensayo de erosión por caída de agua aplicado a ladrillos estabilizados con 20, 15,11 y 7% de cemento se obtuvieron, para el método Geelong: 0 mm de profundidad máxima de erosión y 0.00% de pérdida de peso en todos los casos y para el método SAET: 0 mm de profundidad máxima de erosión y 0.00% de pérdida de peso en todos los casos. De acuerdo a los parámetros de evaluación de los procedimientos Geelong y SAET, el bloque se considera “apto” si la profundidad máxima de erosión es menor a 10mm y la pérdida de peso menor a 5%. Por lo tanto, los ladrillos estabilizados con 20, 15,11 y 7% de cemento se consideran como “aptos” según estos procedimientos. Por otra parte, se compararon los resultados del procedimiento SAET con el antecedente nacional de Holgado Cornejo y Prado Salinas (2015) pág.172 en los cuales se obtuvieron resultados similares de 0mm de perforación 0.00% de pérdida de peso. Finalmente, se concluye que, la razón por la cual no se observó ninguna erosión en los ladrillos de tierra comprimida estabilizados, se debe a que los ensayos de erosión por caída de agua Geelong y SAET son más adecuados para materiales de tierra sin estabilizar como el adobe y el tapial (Cid Falceto, 2012).

### **Discusión 03**

Al medir la macrotextura de las muestras de tratamiento superficial se ha podido denotar un cambio considerable antes y después del ensayo de erosión. Es evidente que el ensayo de erosión acelerada causa un incremento de la textura a raíz de una exposición de las partículas de agregado por pérdida del asfalto más superficial y partículas de agregado. La investigación muestra que la macrotextura indica que la muestra que menor variación de la macrotextura ha tenido la muestra de tratamiento superficial elaborado con la granulometría G5, que ha sufrido una variación de entre 3.6% a un máximo de 51.8%, el tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G6 mostró una variación mínima de 11.70% y un máximo de 177.5%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G7 mostró una variación mínima de 28.70% y un máximo de 228.0%. el tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G8,



mostro una variación mínima de 56.10% y un máximo de 270.2%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G9 mostró una variación mínima de 179.90% y un máximo de 280.25%. Según (2) Se interpretaron los indicadores del ensayo de erosión por pulverizado de agua a presión aplicado a ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 15,11 y 7% de cemento. Encontrándose que son “aptos”, los ladrillos estabilizados con 15 y 11% de cemento, y que los LTC estabilizados con 7% de cemento solo deben de usarse en exposiciones leves o moderadas. Finalmente se concluye que es un ensayo con el cual si se podrá realizar un adecuado control de calidad a este tipo de ladrillo y así garantizar la durabilidad de muros perimétricos a construirse con este tipo de ladrillos en Huancayo.

#### **Discusión 04**

Al medir la macrotextura de las muestras de tratamiento superficial se ha podido denotar un cambio considerable antes y después del ensayo de erosión. Es evidente que el ensayo de erosión acelerada causa un incremento de la textura a raíz de una exposición de las partículas de agregado por pérdida del asfalto más superficial y partículas de agregado. La investigación muestra que la macrotextura indica que la muestra que menor variación de la macrotextura ha tenido la muestra de tratamiento superficial elaborado con la granulometría G5, que ha sufrido una variación de entre 3.6% a un máximo de 51.8%, el tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G6 mostró una variación mínima de 11.70% y un máximo de 177.5%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G7 mostró una variación mínima de 28.70% y un máximo de 228.0%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G8 mostró una variación mínima de 56.10% y un máximo de 270.2%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G9 mostró una variación mínima de 179.90% y un máximo de 280.25%. Según (2) Se evaluaron los resultados de los ensayos de erosión acelerada aplicados en ladrillos de tierra comprimida estabilizados con 15,11 y 7% de cemento, y se concluye que, entre los 3 tipos de ensayos, solo el ensayo de absorción y el ensayo de pulverizado de agua son los más indicados para realizar un adecuado control de calidad a este tipo de ladrillo y así garantizar la durabilidad de muros perimétricos a construirse con este tipo de ladrillos en Huancayo.

## CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

¿Cuál es el efecto de la adición del yeso en la resistencia a la erosión de tratamientos superficiales, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?

La adición de yeso a la mezcla del tratamiento superficial, mejora la resistencia a la erosión en adiciones de 0.5%, 1% y 1.5%, a adiciones mayores a estos porcentajes disminuye drásticamente y por lo tanto no es conveniente para el propósito de la investigación. en la investigación se ha ensayado con las granulometrías G5, G6, G7, G8 y G9. Que van desde la granulometría más gruesa a más fina. La investigación ha demostrado que la granulometría más fina sufre un mayor deterioro teniendo pérdidas de peso máximas que van de 6.5% a 9.0% en promedio.

¿Cómo influye la adición de yeso en la **pérdida de peso** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?

Los resultados de pérdida de peso sobre las muestras debido a la erosión provocada por el agua, se pudo observar que existe una tendencia clara en la reducción de la resistencia a la erosión de la granulometría más gruesa G5 a granulometría más fina G9, en todos los casos se ha mejorado el comportamiento ante la erosión con adiciones del 0.50%, 1.00% y hasta 1.5%, después de esto la pérdida de peso aumenta reduciendo la resistencia a la erosión. La investigación ha demostrado que la adición de yeso solo ayuda a la resistencia de erosión en porcentajes muy bajos, a partir de 0.5% a 1.5% vemos un incremento en la pendiente de la curva que denota un incremento de la pérdida de la erosión. La mejora de la resistencia a la erosión que va desde 0.5% a 1.5% va en un 75% de reducción, sin embargo, a cantidades mayores de yeso se puede observar un incremento del deterioro de hasta 214%.

¿Cómo influye la adición de yeso en la **profundidad máxima de erosión** de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?

Los ensayos han demostrado que la profundidad de erosión tiene un comportamiento similar a la pérdida de peso de la muestra. Las adiciones de yeso reducen la profundidad de erosión desde 0.5% hasta 1.5%, a mayor adición de % de adición de yeso la profundidad

de erosión se ha incrementado a 7 mm. La investigación ha demostrado que las capas de tratamiento con agregado más fino mostraron menos profundidad de erosión, pero un área más grande de afectación. Los ensayos han demostrado que el tratamiento superficial elaborado con agregado más fino tiene mejor resistencia a la erosión, tal vez debido a que al descubrir el asfalto que se encuentra en la superficie se encuentra con agregado fino que resiste mejor a la acción de la erosión sin embargo el área afectada es más amplia, por lo que a pesar que la profundidad de erosión es más baja el área de afectada es mayor, por lo cual el % de pérdida de peso es mayor.

¿Cómo influye la adición de yeso en la macro textura de la capa de tratamiento superficial evaluada con ensayo de círculo de arena, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?

Al medir la macrotextura de las muestras de tratamiento superficial se ha podido denotar un cambio considerable antes y después del ensayo de erosión. Es evidente que el ensayo de erosión acelerada causa un incremento de la textura a raíz de una exposición de las partículas de agregado por pérdida del asfalto más superficial y partículas de agregado. La investigación muestra que la macrotextura indica que la muestra que menor variación de la macrotextura ha tenido la muestra de tratamiento superficial elaborado con la granulometría G5, que ha sufrido una variación de entre 3.6% a un máximo de 51.8%, el tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G6 mostró una variación mínima de 11.70% y un máximo de 177.5%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G7 mostró una variación mínima de 28.70% y un máximo de 228.0%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G8 mostró una variación mínima de 56.10% y un máximo de 270.2%. El tratamiento superficial elaborado con agregado con granulometría G9 mostró una variación mínima de 179.90% y un máximo de 280.25%.

## **CAPÍTULO VII RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar ensayos con otros materiales que puedan mejorar la resistencia a la erosión del tratamiento superficial, ya que esta es muy susceptible al deterioro.
- Realizar estudios sobre el periodo de vida relacionando con sus características de granulometría, % de asfalto, tipo de asfalto.
- Estudiar el efecto combinado del agua y el tráfico, para predecir el performace de los tratamientos superficiales monocapa y bicapa.

## REFERENCIAS

1. **MIRANDA REBOLLEDO, miranda rebolledo.** *DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS.* VALDIA - CHILE : UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2010.
2. **MEZA LÓPEZ, Jesús Manuel.** *Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo.* HUANCAYO : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, 2018.
3. **Badillo, Juarez y Rodriguez, Rico.** *Mecanica de Suelos tomo 1 Fundamentos de la Mecanica de Suelos.* Mexico : s.n., 2005.
4. **Borja S., Manuel.** *Metodologia de la investigacion cientifica para ingenieros.* Chiclayo : s.n., 2012.
5. **Braja M., Das.** *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica.* 2008.
6. **Braja M., Daz.** *Mecanica de suelos avanzada.* 2008.
7. **Direccion general de caminos y ferrocarriles.** Norma tecnica de estabilizadores quimico. Lima, Peru : s.n., 2004.
8. **Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y baptista Lucio, Pilar.** *Metodologia de la investigacion.* Mexico : Mc Graw Hil, 2014.
9. **La Rosa, O N.** Aplicacion del aditivo quimico Quim kd40 para estabilizar suelos en caminos no pavimentados: calles del centro poblado SAnta MAria Huachipa. Lima, Peru : s.n., 2006.
10. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion EG 2013. 2013.
11. —. Manual de diseño geometrico para carreteras DG-2001. Lima, Peru : s.n., 2001.
12. —. Manual de ensayo de materiales. 2016.
13. **Pari Pari, Edwin Rene.** Influencia de la inclusion de desecho de policloruro de vinilo (PVC) sobre la capacidad de soporte de un material granular tipo subbase en la ciudad de juliaca. Juliaca, Peru : s.n., 2013.

14. **Ravianes Merino, Maria Alejandra.** Pruebas con un producto enzimatico como agente estabilizador de suelos para carreteras. 2010.
15. **Ruano Lopez, Denis Robin.** Estabilizacion de suelos cohesivos por medio de arenas volcanicas y cal viva. Setiembre de 2012.
16. **Universidad de los Andes.** Estudio de la resistencia a la Erosion de materiales emleados como vases en pavimentos de concreto hidraulico. Bogota, Colombia : s.n., Diciembre de 2010.
17. **Cote Sosa, Gina y Villaba Oyola, Lina.** Indice de condicion del pavimento rigido en la ciudad de Cartagena de Indias y medidas de conservacion. Caso de estudio: Carrera 1° del barrio Bocagrande. Cartagena : s.n., 2017.
18. **Arenas Torrado, Edwin Fernando y Gomez Velasquez, Javier.** Estudio de las fallas en los pavimentos rigidos para el mantenimiento y rehabilitacion de algunas vias principales del Municipio de Abrego Norte de Santander. Ocaña : s.n., 2016.
19. **Miranda Rebolledo, Ricardo Javier.** Deterioros en pavimentos flexibles y rigidos. Valdivia, Chile : s.n., 2010.
20. **Lopez Huaman , Cesar Antonio y Lopez Huaman, Ruth Monica.** Determinacion y evaluacion de las patologias en el concreto de pavimentos rigidos, distrito de San Juan Bautista provincia de Huamanga - Ayacucho. Huancavelica, Peru : s.n., 2014.
21. **Reyes Castillo, Junior Yagimar.** Determinacion y evaluacion de las patologias en la capa de rodadura del pavimento rigido de la avenida Pampa Alegre Cuadra 1, 2 y 3 - Distrito de San Miguel del Faique - Provincia de Huancabamba - Departamento de Piura - Marzo 2017. Piura, Peru : s.n., 2017.

## **6.1. ANEXOS**

### **6.1.1. PANEL FOTOGRÁFICO**

**PANEL**  
**FOTOGRAFÍCO**





*Ilustración 65 Moldes y Material Granular*



*Ilustración 66 Molde y Plancha compactadora*



*Ilustración 67 Molde de Compactación de 30cm x 30cm*



*Ilustración 68 Muestra Seca para granulometría de la Base Granular*





*Ilustración 69 Base Granular en el Molde*



*Ilustración 70 Compactación de Base Granular en el Molde*





*Ilustración 71 Moldes compactados*



*Ilustración 72 Imprimación de la Base granular*



*Ilustración 73 Moldes con Base Granular imprimados*





*Ilustración 74 Imprimitación Seca a temperatura ambiente*



*Ilustración 75 Usos granulométricos para el tratamiento superficial*



*Ilustración 76 Tratamiento Superficial De Base Granular*



*Ilustración 77 Tratamiento Superficial con distintos usos Granulométricos*



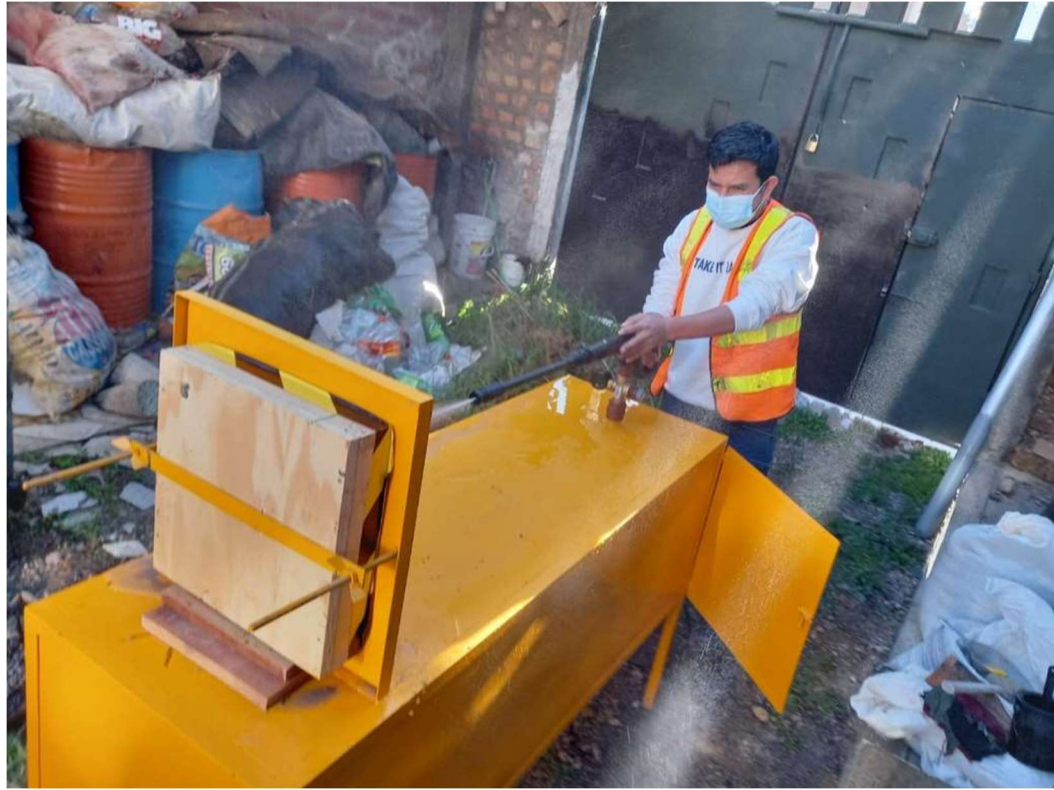


*Ilustración 78 Muestra Colocada para el ensayo de Erosión por chorro*



*Ilustración 79 Equipo y Muestra Para el ensayo de daño por Erosión*





*Ilustración 80 Ensayo de Daño por Erosión*

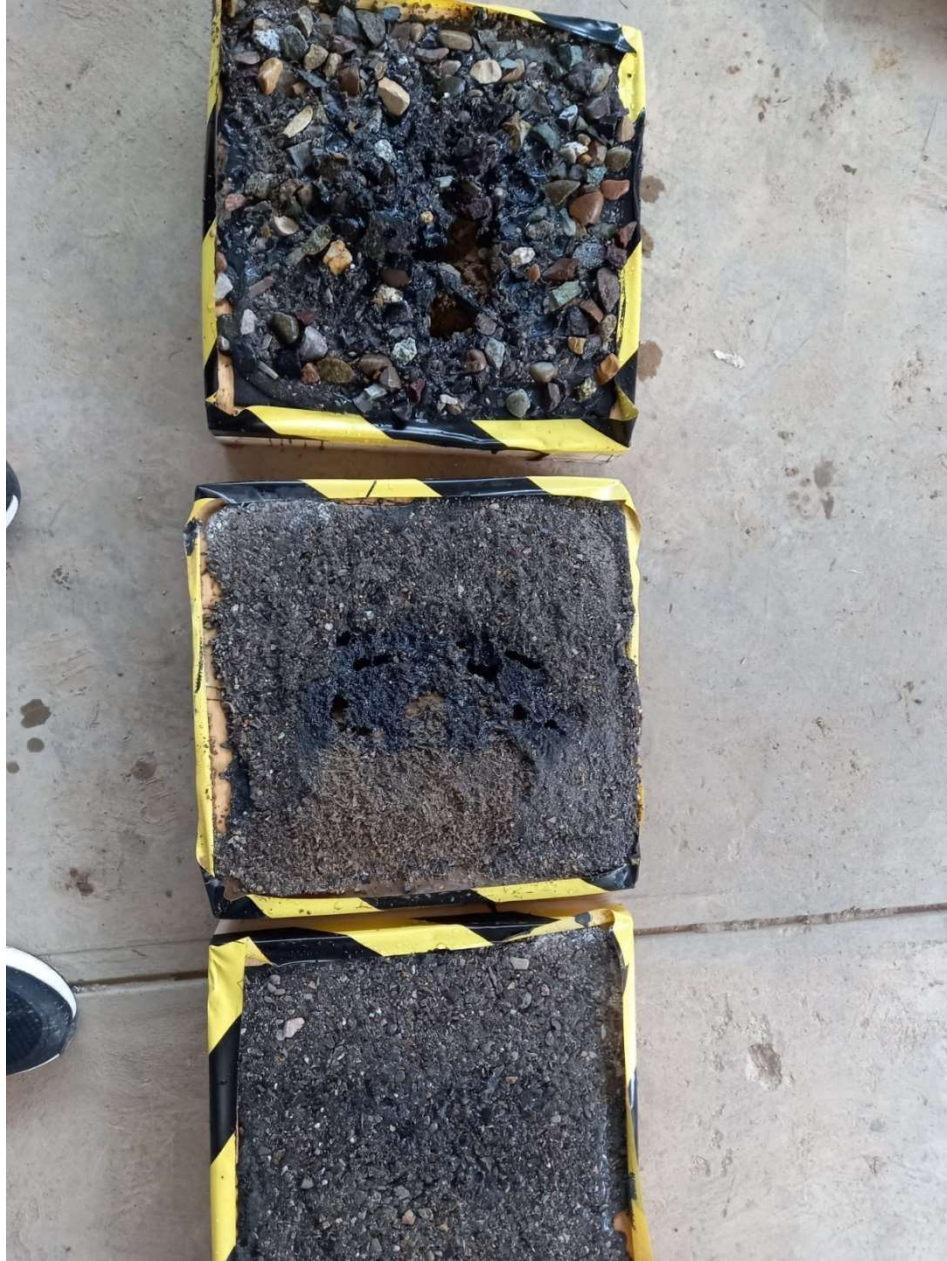


*Ilustración 81 Daño por Erosión*



*Ilustración 82 Severidad del daño de las muestras*





*Ilustración 83 Muestras Dañadas por Erosión*

## 6.1.2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	MÉTODOLÓGIA
<b>GENERAL</b>					<p><b>Métodos:</b> Se utiliza los métodos deductivo y analítico que se complementan en el desarrollo de la presente tesis.</p> <p><b>Tipo:</b> Aplicada porque mediante ensayos se obtienen resultados que permitirán resolver el problema planteado.</p> <p><b>Nivel:</b> Correlacional porque se evalúa la adición de yeso y su relación en el nivel de resistencia a la erosión.</p> <p><b>Diseño:</b> Según la medición, manipulación de variables y control de un grupo intacto, el diseño del presente estudio es Cuasiexperimental</p> <p><b>Población:</b> Se considera a las construcciones de infraestructura de transporte por sus características de contenido, lugar y tiempo en la provincia de Huancayo, departamento de Junín.</p> <p><b>Muestra:</b> Se utiliza el muestreo dirigido de acuerdo a los porcentajes que se emplearán y las demostraciones que se realizarán en dosificaciones de 45 moldes para realizar los ensayos pertinentes.</p>
¿Cuál es el efecto de la adición del yeso en la resistencia a la erosión de tratamientos superficiales, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?	Determinar cuál es el efecto de la adición del yeso en la resistencia a la erosión de tratamientos superficiales, sometido al ensayo de erosión acelerada de Geelong Huancayo 2021.	La adición del yeso incrementa la resistencia a la erosión de tratamientos superficiales, sometido al ensayo de erosión acelerada de Geelong Huancayo 2021.			
<b>ESPECÍFICOS</b>			<b>VD:</b> Resistencia a la Erosión	<b>D1:</b> PERDIDA DE PESO <b>D2:</b> PROFUNDIDAD DE EROSIÓN <b>D3:</b> MACROTEXTURA	
a) ¿Cómo influye la adición de yeso en la pérdida de peso de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?	a) Determinar cómo influye la adición de yeso en la pérdida de peso de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.	a) La adición de yeso reduce la pérdida de peso de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.			
b) ¿Cómo influye la adición de yeso en la profundidad máxima de erosión de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?	b) Determinar cómo influye la adición de yeso en la profundidad máxima de erosión de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.	b) La adición de yeso reduce la profundidad máxima de erosión de la capa de tratamiento superficial, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.			
c) ¿Cómo influye la adición de yeso en la macro textura de la capa de tratamiento superficial evaluada con ensayo de círculo de arena, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021?	c) Determinar cómo influye la adición de yeso en la macro textura de la capa de tratamiento superficial evaluada con ensayo de círculo de arena, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.	c) La adición de yeso reduce la macro textura de la capa de tratamiento superficial evaluada con ensayo de círculo de arena, sometido al ensayo de erosión acelerada Huancayo 2021.			

**6.1.3. CERTIFICADOS DE LABORATORIO**

# **CERTIFICADOS DE LABORATORIO**

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CANTERA CHUPURO

**CERTIFICADO:** CC - 00242

Granulometría (MTC E 204)

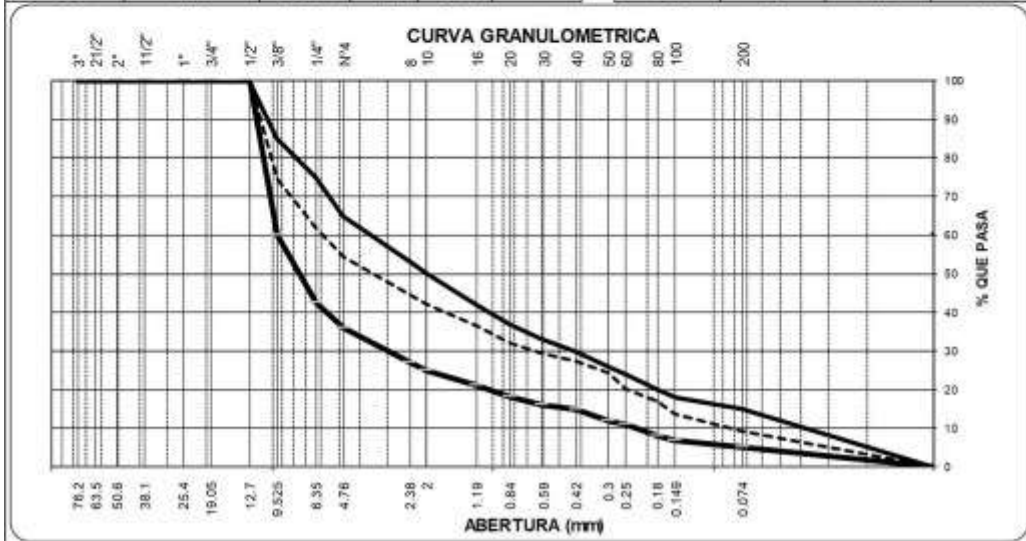
Datos de ensayo

Peso Total : 5506.4  
 Peso muestra lavada : 5425.0

USOS GRANULOMETRICOS MTC

Malla		Peso (gr)	% Ret		% que Pasa
Tamiz	mm.		Parcial	Acum.	
3"	76.200	-	-	-	100.00
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00
2"	50.600	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00
1"	25.400	-	-	-	100.00
3/4"	19.050	-	-	-	100.00
1/2"	12.700	-	-	-	100.00
3/8"	9.525	1,375.0	25.35	25.35	74.65
1/4"	6.350	697.5	12.86	38.20	61.80
No4	4.760	412.5	7.60	45.81	54.19
8	2.360	525.0	9.68	55.48	44.52
10	2.000	125.0	2.30	57.79	42.21
16	1.190	300.0	5.53	63.32	36.68
20	0.840	250.0	4.61	67.93	32.07
30	0.600	150.0	2.76	70.69	29.31
40	0.420	100.0	1.84	72.53	27.47
50	0.300	175.0	3.23	75.76	24.24
60	0.250	220.0	4.06	79.82	20.18
80	0.180	175.0	3.23	83.04	16.96
100	0.149	170.0	3.13	86.18	13.82
200	0.074	250.0	4.61	90.78	9.22
< 200	0.01	500.00	9.22	100.0	-

Malla		% PA	
Tamiz	mm.	MIN	MAX
3"	76.200	100.0	100.0
2 1/2"	63.500	100.0	100.0
2"	50.600	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	100.0	100.0
1"	25.400	100.0	100.0
3/4"	19.050	100.0	100.0
1/2"	12.700	100.0	100.0
3/8"	9.525	60.0	85.0
1/4"	6.350	42.5	75.0
No4	4.760	36.0	65.0
8	2.360	27.0	53.0
10	2.000	25.0	50.0
16	1.190	21.0	42.0
20	0.840	18.0	37.0
30	0.600	16.0	33.0
40	0.420	15.0	30.0
50	0.300	12.0	26.0
60	0.250	11.0	24.0
80	0.180	8.0	20.0
100	0.149	7.0	18.0
200	0.074	5.0	15.0
< 200	0.01	0.0	0.0



*Juan Ernesto Tejeda Díaz*  
**Juan Ernesto Tejeda Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX ELRL

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX ELRL





## LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

**PROYECTO:** MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** 00+100

**CALICATA:** C-1

**CANTERA** CHUPURO

### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Ensayo N°	1	2	3	4
Peso del suelo + molde Grs.	10,734	10,854	10,948	10,949
Peso del molde Grs.	6,521	6,521	6,521	6,521
Peso de la muestra húmeda Grs.	<b>4,213</b>	<b>4,333</b>	<b>4,427</b>	<b>4,428</b>
Volumen del molde c.c.	2,114	2,114	2,114	2,114
Densidad húmeda Gr/c.c.	<b>1.99</b>	<b>2.05</b>	<b>2.09</b>	<b>2.09</b>
Recipiente N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso muestra húmeda + tara Grs.	362.05	354.95	361.50	348.90
Peso muestra seca + tara Grs.	340.35	328.4	330.65	317
Peso del agua Grs.	<b>21.70</b>	<b>26.55</b>	<b>30.85</b>	<b>31.90</b>
Peso de la tara Grs.	93.65	456.00	456.00	455.00
Peso de la muestra seca Grs.	<b>246.70</b>	<b>236.43</b>	<b>232.64</b>	<b>217.02</b>
Contenido de humedad %	<b>8.80%</b>	<b>11.23%</b>	<b>13.26%</b>	<b>14.70%</b>
Densidad seca Gr/c.c.	<b>1.83</b>	<b>1.84</b>	<b>1.85</b>	<b>1.83</b>
			<b>DENS. MAX. =</b>	<b>1.73</b>
			<b>HUM. OPT. =</b>	<b>14.40</b>



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

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



## LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**TESISTA** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** 00+100

**ENSAYO** VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR

**CANTERA** CHUPURO

**DENS. MAX. = 2.08**

**HUM. OPT. = 12.75**

### ENSAYO DE CBR - ASTM D1883

Molde N°	A	B	C
Cajas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
<b>CONTRACCION DE LA MUESTRA</b>			
Peso del suelo humedo + molde Grs.	13,437	13,333	12,800
Peso del molde Grs.	8,320	8,595	8,185
Peso del suelo humedo	<b>5,117</b>	<b>4,738</b>	<b>4,615</b>
Volumen del molde c.c.	2,151	2,123	2,123
Densidad húmeda Gr/c.c.	<b>2.38</b>	<b>2.23</b>	<b>2.17</b>
Tara N°	1	2	3
Tara + suelo humedo	350.25	359.15	373.05
Tara + suelo seco	321.65	329	343.30
Peso del agua	<b>28.60</b>	<b>30.15</b>	<b>29.75</b>
Peso de la tara	93.12	89.90	105.07
Peso del suelo seco	<b>228.53</b>	<b>239.10</b>	<b>238.23</b>
% de humedad	<b>12.51%</b>	<b>12.61%</b>	<b>12.49%</b>
Densidad Seca Gr/c.c.	<b>2.11</b>	<b>1.98</b>	<b>1.93</b>

PENETRACION pulg	56 golpes			25 golpes			10 golpes		
	DIAL	Lb	lb/pulg2	DIAL	Lb	lb/pulg2	DIAL	Lb	lb/pulg2
0.0250	30	354.00	118.00	22	276.00	92.00	14	198.00	66.00
0.0500	70	753.00	251.00	53	585.00	195.00	36	417.00	139.00
0.0750	107	1119.00	373.00	80	855.00	285.00	54	591.00	197.00
0.1000	139	1437.00	<b>479.00</b>	103	1083.00	<b>361.00</b>	68	729.00	<b>243.00</b>
0.2000	235	2391.00	<b>797.00</b>	169	1734.00	<b>578.00</b>	102	1074.00	<b>358.00</b>
0.3000	292	2958.00	986.00	209	2136.00	712.00	126	1314.00	438.00
0.4000	361	3651.00	1217.00	256	2598.00	866.00	149	1542.00	514.00
0.5000	429	4326.00	1442.00	299	3033.00	1011.00	169	1737.00	579.00

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

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





## LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

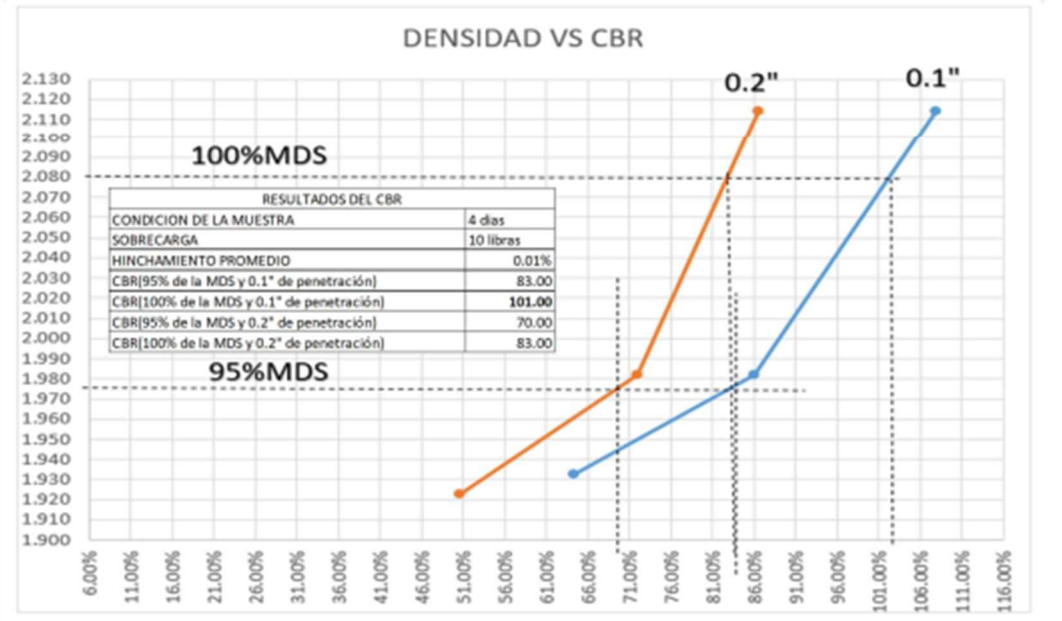
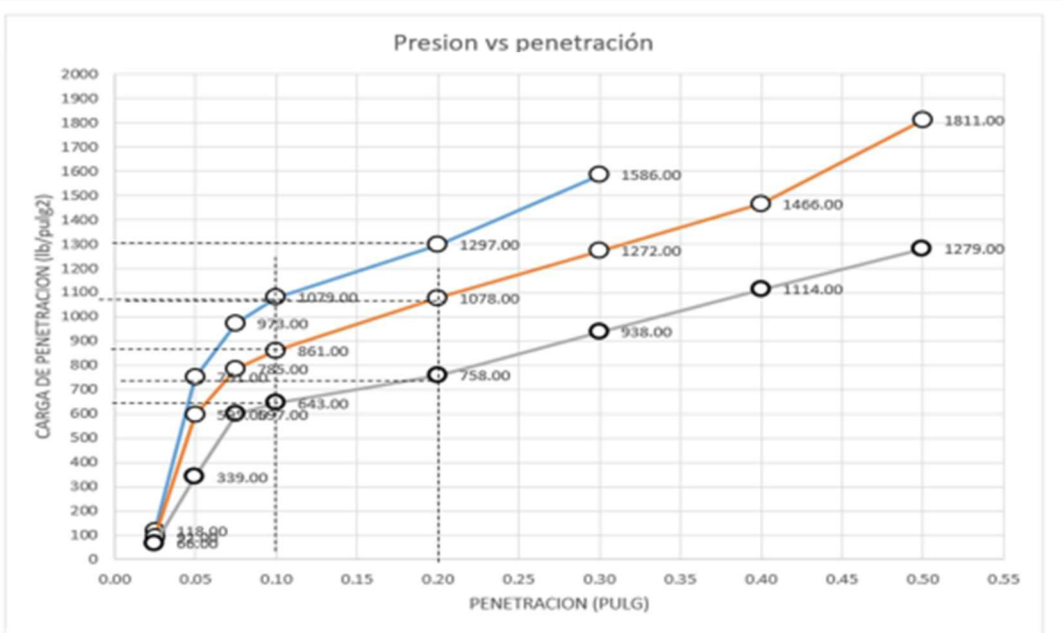
**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**TESISTA** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** 00+100

**ENSAYO** VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR

**CANTERA** CHUPURO



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada 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.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:**

BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:**

CALICATA PILCOMAYO

**CERTIFICADO:**

CC - 00267

Granulometría (MTC E 204)

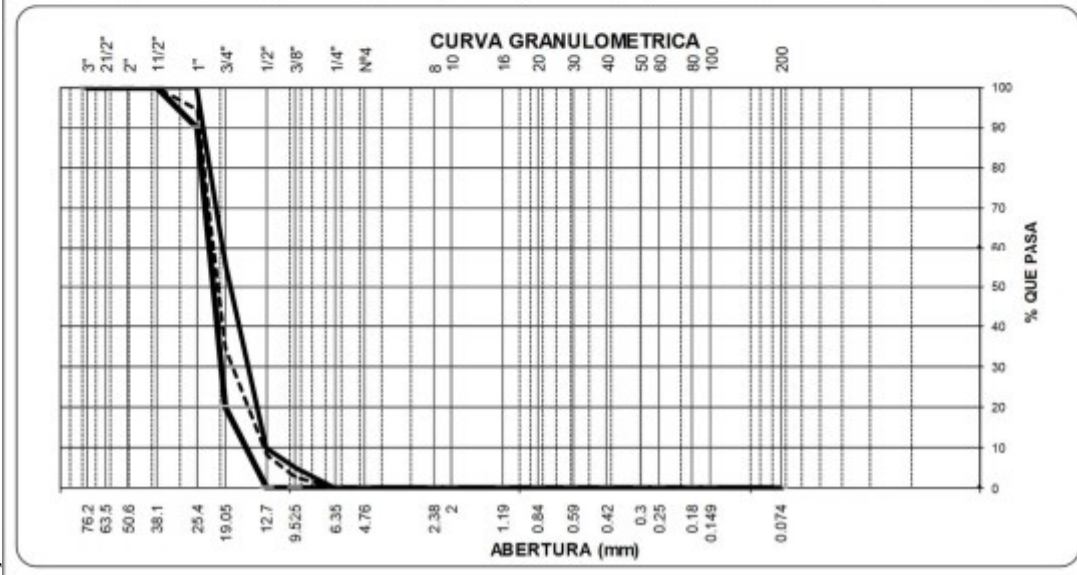
**Datos de ensayo**

Peso Total : 5075.0  
 Peso muestra lavada : 5000.0

**USOS GRANULOMETRICOS MTC**

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.200		-	100.00
2 1/2"	63.500		-	100.00
2"	50.600		-	100.00
1 1/2"	38.100		-	100.00
1"	25.400	280.5	5.61	94.39
3/4"	19.050	2991.8	59.84	34.55
1/2"	12.700	1316.4	26.33	8.23
3/8"	9.525	261.8	5.24	2.99
1/4"	6.350	149.6	2.99	0.00
No4	4.760	-	100.00	0.00
8	2.360	-	100.00	0.00
10	2.000	-	100.00	0.00
16	1.190	-	100.00	0.00
20	0.840	-	100.00	0.00
30	0.600	-	100.00	0.00
40	0.420	-	100.00	0.00
50	0.300	-	100.00	0.00
60	0.250	-	100.00	0.00
80	0.180	-	100.00	0.00
100	0.149	-	100.00	0.00
200	0.074	-	100.00	0.00
< 200	0.01	-	100.00	-

Malla	% PA	% PA
Tamiz	MIN	MAX
3"	100.0	100.0
2 1/2"	100.0	100.0
2"	100.0	100.0
1 1/2"	100.0	100.0
1"	90.0	100.0
3/4"	20.0	55.0
1/2"	0.0	10.0
3/8"	0.0	5.0
1/4"	0.0	0.0
No4	0.0	0.0
8	0.0	0.0
10	0.0	0.0
16	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.0	0.0
40	0.0	0.0
50	0.0	0.0
60	0.0	0.0
80	0.0	0.0
100	0.0	0.0
200	0.0	0.0
< 200	0.0	0.0



E

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

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

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:**

BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:**

CALICATA PILCOMAYO

**CERTIFICADO:**

CC - 00269

Granulometría (MTC E 204)

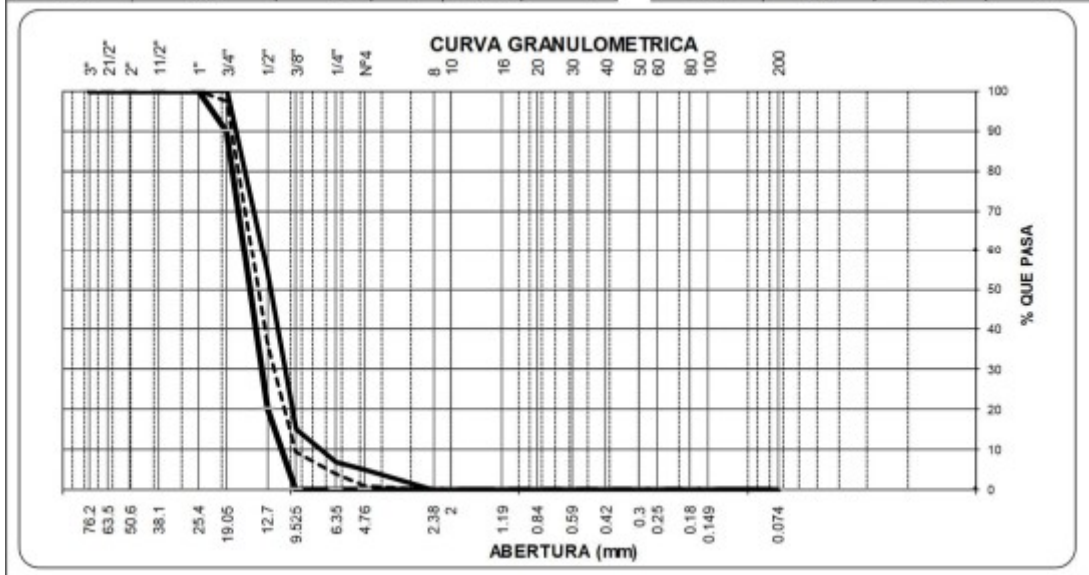
**Datos de ensayo**


Peso Total : 4972.0  
 Peso muestra lavada : 4898.5

**USOS GRANULOMETRICOS MTC**

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.200		-	-	100.00
2 1/2"	63.500		-	-	100.00
2"	50.600		-	-	100.00
1 1/2"	38.100		-	-	100.00
1"	25.400	-	-	-	100.00
3/4"	19.050	129.0	2.63	2.63	97.37
1/2"	12.700	2,991.8	61.08	63.71	36.29
3/8"	9.525	1,516.4	26.07	90.50	9.42
1/4"	6.350	261.8	5.34	95.93	4.07
No4	4.760	149.6	3.05	98.98	1.02
8	2.360	50.00	1.02	100.00	- 0.00
10	2.000	-	-	100.00	- 0.00
16	1.190	-	-	100.00	- 0.00
20	0.840	-	-	100.00	- 0.00
30	0.600	-	-	100.00	- 0.00
40	0.420	-	-	100.00	- 0.00
50	0.300	-	-	100.00	- 0.00
60	0.250	-	-	100.00	- 0.00
80	0.180	-	-	100.00	- 0.00
100	0.149	-	-	100.00	- 0.00
200	0.074	-	-	100.00	- 0.00
< 200	0.01	-	-	100.00	-

Malla	% PA	% PA	
Tamiz	mm.	MIN	MAX
3"	76.200	100.0	100.0
2 1/2"	63.500	100.0	100.0
2"	50.600	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	100.0	100.0
1"	25.400	100.0	100.0
3/4"	19.050	90.0	100.0
1/2"	12.700	20.0	55.0
3/8"	9.525	0.0	15.0
1/4"	6.350	0.0	7.0
No4	4.760	0.0	5.0
8	2.360	0.0	0.0
10	2.000	0.0	0.0
16	1.190	0.0	0.0
20	0.840	0.0	0.0
30	0.600	0.0	0.0
40	0.420	0.0	0.0
50	0.300	0.0	0.0
60	0.250	0.0	0.0
80	0.180	0.0	0.0
100	0.149	0.0	0.0
200	0.074	0.0	0.0
< 200	0.01	0.0	0.0



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

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

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CALICATA PILCOMAYO

**CERTIFICADO:** CC - 00289

Granulometría (MTC E 204)

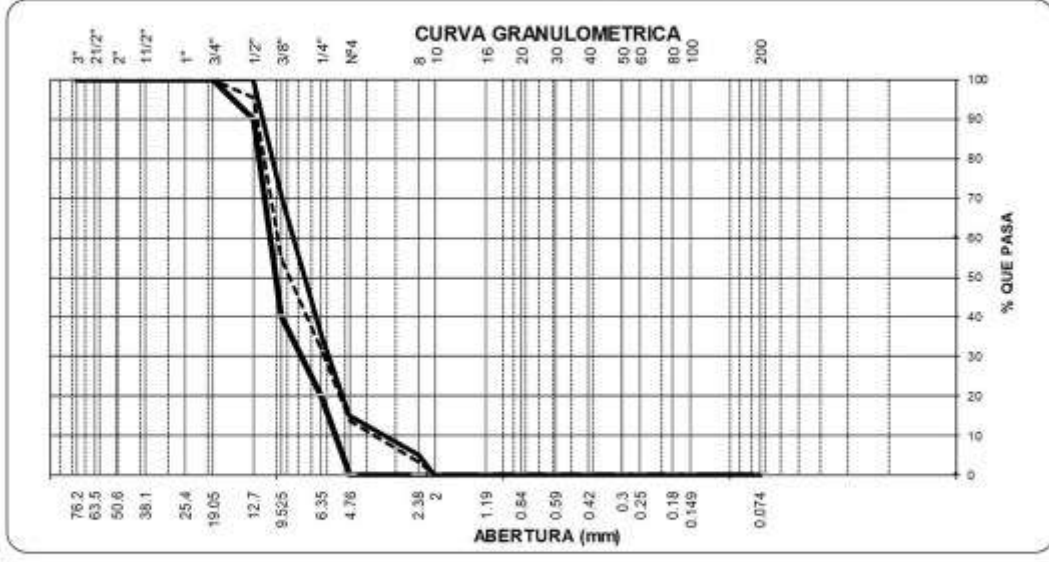
**Datos de ensayo**

Peso Total : 5075.0  
 Peso muestra lavada : 5000.0

USOS GRANULOMETRICOS MTC

Malla		Peso (gr)	% Ret		% que Pasa
Tamiz	mm.		Parcial	Acum.	
3"	76.200			-	100.00
2 1/2"	63.500			-	100.00
2"	50.600			-	100.00
1 1/2"	38.100			-	100.00
1"	25.400	-	-	-	100.00
3/4"	19.050	-	-	-	100.00
1/2"	12.700	231.4	4.63	4.63	95.37
3/8"	9.525	2,026.1	40.52	45.15	54.85
1/4"	6.350	1,147.0	22.94	68.09	31.91
No4	4.760	905.2	18.10	86.20	13.80
8	2.360	517.3	10.35	96.54	3.46
10	2.000	172.90	3.46	100.00	0.00
16	1.190	-	-	100.00	0.00
20	0.840	-	-	100.00	0.00
30	0.600	-	-	100.00	0.00
40	0.420	-	-	100.00	0.00
50	0.300	-	-	100.00	0.00
60	0.250	-	-	100.00	0.00
80	0.180	-	-	100.00	0.00
100	0.149	-	-	100.00	0.00
200	0.074	-	-	100.00	0.00
< 200	0.01	-	-	100.00	-

Malla		% PA	
Tamiz	mm.	MIN	MAX
3"	76.200	100.0	100.0
2 1/2"	63.500	100.0	100.0
2"	50.600	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	100.0	100.0
1"	25.400	100.0	100.0
3/4"	19.050	100.0	100.0
1/2"	12.700	90.0	100.0
3/8"	9.525	40.0	70.0
1/4"	6.350	20.0	35.0
No4	4.760	0.0	15.0
8	2.360	0.0	5.0
10	2.000	0.0	0.0
16	1.190	0.0	0.0
20	0.840	0.0	0.0
30	0.600	0.0	0.0
40	0.420	0.0	0.0
50	0.300	0.0	0.0
60	0.250	0.0	0.0
80	0.180	0.0	0.0
100	0.149	0.0	0.0
200	0.074	0.0	0.0
< 200	0.01	0.0	0.0



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

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



# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:**

BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:**

CALICATA PILCOMAYO

**CERTIFICADO:**

CC - 00297

**Granulometría (MTC E 204)**

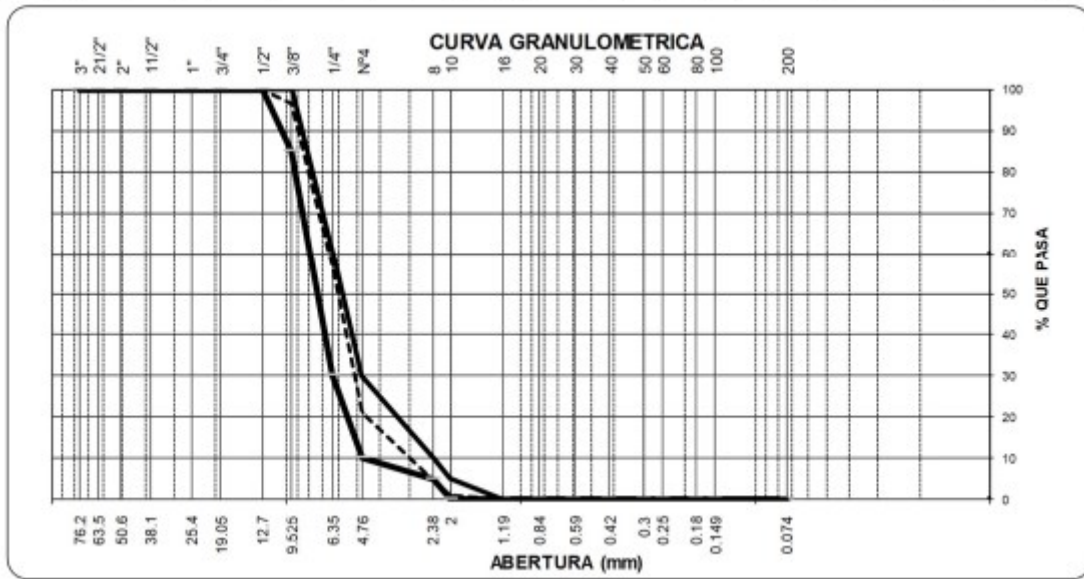
**Datos de ensayo**

Peso Total : 5065.0  
 Peso muestra lavada : 5000.0

**USOS GRANULOMETRICOS MTC**

Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.200			-	100.00
2 1/2"	63.500			-	100.00
2"	50.600			-	100.00
1 1/2"	38.100			-	100.00
1"	25.400	-	-	-	100.00
3/4"	19.050	-	-	-	100.00
1/2"	12.700	-	-	-	100.00
3/8"	9.525	174.8	3.50	3.50	96.50
1/4"	6.350	1,982.3	39.65	43.14	56.86
No4	4.760	1,791.8	35.84	78.98	21.02
8	2.360	824.1	16.48	95.46	4.54
10	2.000	170.2	3.40	98.86	1.14
16	1.190	56.88	1.14	100.00	0.00
20	0.840	-	-	100.00	0.00
30	0.600	-	-	100.00	0.00
40	0.420	-	-	100.00	0.00
50	0.300	-	-	100.00	0.00
60	0.250	-	-	100.00	0.00
80	0.180	-	-	100.00	0.00
100	0.149	-	-	100.00	0.00
200	0.074	-	-	100.00	0.00
< 200	0.01	-	-	100.00	0.00

Malla		% PA	% PA
Tamiz	mm.	MIN	MAX
3"	76.200	100.0	100.0
2 1/2"	63.500	100.0	100.0
2"	50.600	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	100.0	100.0
1"	25.400	100.0	100.0
3/4"	19.050	100.0	100.0
1/2"	12.700	100.0	100.0
3/8"	9.525	85.0	100.0
1/4"	6.350	30.0	60.0
No4	4.760	10.0	30.0
8	2.360	5.0	10.0
10	2.000	0.0	5.0
16	1.190	0.0	0.0
20	0.840	0.0	0.0
30	0.600	0.0	0.0
40	0.420	0.0	0.0
50	0.300	0.0	0.0
60	0.250	0.0	0.0
80	0.180	0.0	0.0
100	0.149	0.0	0.0
200	0.074	0.0	0.0
< 200	0.01	0.0	0.0



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

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

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CALICATA PILCOMAYO

**CERTIFICADO:** CC - 00298

Granulometría (MTC E 204)

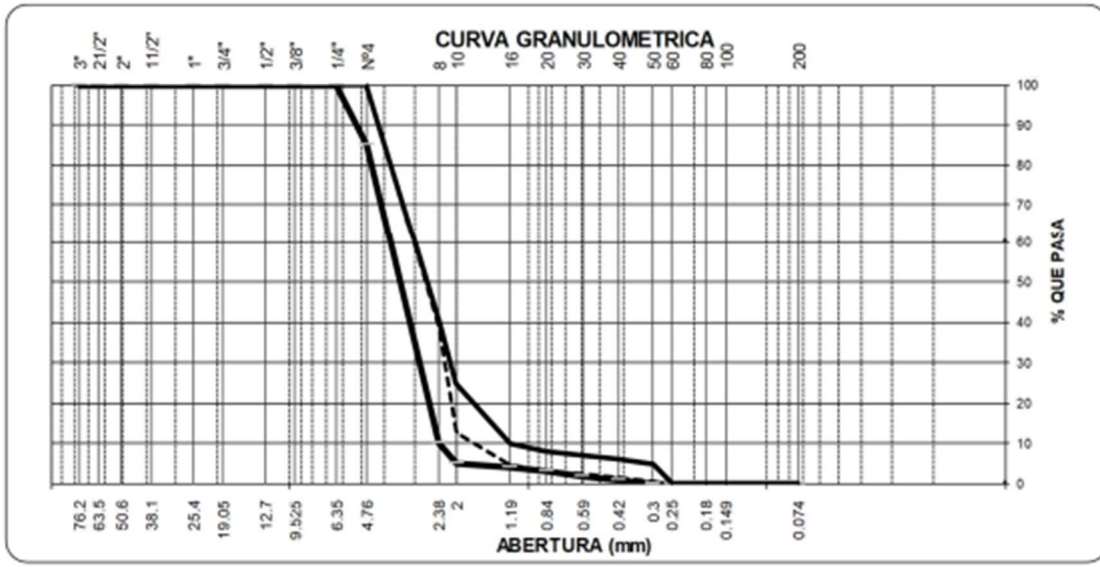
**Datos de ensayo**

Peso Total : 5065.0  
 Peso muestra lavada : 5000.0

USOS GRANULOMETRICOS MTC

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.200		-	100.00
2 1/2"	63.500		-	100.00
2"	50.600		-	100.00
1 1/2"	38.100		-	100.00
1"	25.400	-	-	100.00
3/4"	19.050	-	-	100.00
1/2"	12.700	-	-	100.00
3/8"	9.525	-	-	100.00
1/4"	6.350	-	-	100.00
No4	4.760	-	-	100.00
8	2.360	3056.1	61.12	38.88
10	2.000	1315.3	26.31	12.57
16	1.190	386.8	7.74	4.84
20	0.840	77.4	1.55	3.29
30	0.600	46.4	0.93	2.36
40	0.420	42.6	0.85	1.51
50	0.300	40.6	0.81	0.70
60	0.250	34.8	0.70	-
80	0.180	-	-	-
100	0.149	-	-	-
200	0.074	-	-	-
< 200	0.01	-	-	-

Malla	% PA	% PA	
Tamiz mm.	MIN	MAX	
3"	76.200	100.0	100.0
2 1/2"	63.500	100.0	100.0
2"	50.600	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	100.0	100.0
1"	25.400	100.0	100.0
3/4"	19.050	100.0	100.0
1/2"	12.700	100.0	100.0
3/8"	9.525	100.0	100.0
1/4"	6.350	100.0	100.0
No4	4.760	85.0	100.0
8	2.360	10.0	40.0
10	2.000	5.0	25.0
16	1.190	4.0	10.0
20	0.840	3.0	8.0
30	0.600	2.0	7.0
40	0.420	1.0	6.0
50	0.300	0.0	5.0
60	0.250	0.0	0.0
80	0.180	0.0	0.0
100	0.149	0.0	0.0
200	0.074	0.0	0.0
< 200	0.01	0.0	0.0



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

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

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CALICATA PILCOMAYO

**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG**

**MUESTRA : GRANULOMETRIA G05**

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	%YESO	Dimension del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSION)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSION)	Perdida de peso (%)	profundidad maxima de erosion (mm)
M 01	5.00	2.50	0.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.270	4.208	13.956	2.20%	4.9
M 02	5.00	2.50	0.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.106	4.208	13.725	2.70%	1.9
M 03	5.00	2.50	0.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.350	4.253	13.934	2.90%	3.6
M 04	5.00	2.50	0.50%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	4.185	13.671	2.80%	2.5
M 05	5.00	2.50	0.50%	30 cm x 30 xm	9.792	14.096	4.095	13.800	2.10%	3.2
M 06	5.00	2.50	0.50%	30 cm x 30 xm	10.008	14.289	4.230	13.904	2.70%	2.6
M 07	5.00	2.50	1.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.062	4.073	13.795	1.90%	3.6
M 08	5.00	2.50	1.00%	30 cm x 30 xm	9.846	14.144	4.208	13.917	1.60%	4.1
M 09	5.00	2.50	1.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.324	4.163	14.137	1.30%	1.4
M 10	5.00	2.50	1.50%	30 cm x 30 xm	9.864	14.158	4.253	13.974	1.30%	1.3
M 11	5.00	2.50	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.039	4.253	13.884	1.10%	3.9
M 12	5.00	2.50	1.50%	30 cm x 30 xm	9.972	14.260	4.185	14.032	1.60%	1.3
M 13	5.00	2.50	2.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	4.163	13.587	3.40%	1.7
M 14	5.00	2.50	2.00%	30 cm x 30 xm	9.810	14.108	4.118	13.600	3.60%	3.9
M 15	5.00	2.50	2.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.289	4.185	13.818	3.30%	4.3
M 16	5.00	2.50	3.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.080	4.140	13.348	5.20%	5.8
M 17	5.00	2.50	3.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.016	4.140	13.275	5.30%	6.4
M 18	5.00	2.50	3.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.342	4.185	13.581	5.30%	5.4
M 19	5.00	2.50	4.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.242	4.185	13.159	7.60%	6.4
M 20	5.00	2.50	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.217	4.185	13.194	7.20%	7.3
M 21	5.00	2.50	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.240	4.095	13.172	7.50%	6.9
M 22	5.00	2.50	5.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.332	4.095	13.286	7.30%	5.9
M 23	5.00	2.50	5.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.317	4.253	13.301	7.10%	7.3
M 24	5.00	2.50	5.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.217	4.230	13.194	7.20%	6.3

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

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

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** CALICATA PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG** MUESTRA : GRANULOMETRIA G06

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	%YESO	Dimension del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSION)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSION)	Perdida de peso (%)	profundidad maxima de erosion (mm)
M 01	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	3.088	13.787	3.60%	1.5
M 02	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.846	14.140	3.088	13.631	3.60%	1.4
M 03	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.322	3.105	13.807	3.60%	1.5
M 04	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.882	14.167	3.173	13.727	3.10%	1.1
M 05	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.846	14.124	3.071	13.602	3.70%	2.7
M 06	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.936	14.224	3.071	13.669	3.90%	1.4
M 07	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.052	3.071	13.743	2.20%	1.8
M 08	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.096	3.105	13.786	2.20%	4.6
M 09	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.360	3.139	14.029	2.30%	2.5
M 10	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.023	3.071	13.644	2.70%	1.1
M 11	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.810	14.108	3.189	13.698	2.90%	3.6
M 12	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	10.044	14.345	3.156	14.000	2.40%	4.3
M 13	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.113	3.173	13.590	3.70%	1.6
M 14	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.054	3.139	13.534	3.70%	1.5
M 15	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.203	3.105	13.649	3.90%	3.8
M 16	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.738	14.039	3.173	13.168	6.20%	6.9
M 17	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.059	3.105	13.117	6.70%	6.5
M 18	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.356	3.156	13.466	6.20%	6.8
M 19	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.230	3.173	13.348	6.20%	7.2
M 20	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.255	3.088	13.357	6.30%	5.5
M 21	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	3.088	13.358	6.60%	6.5
M 22	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.320	3.071	13.418	6.30%	7.5
M 23	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.199	3.156	13.319	6.20%	7.3
M 24	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.232	3.122	13.264	6.80%	5.4

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

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



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** CALICATA PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG** MUESTRA : GRANULOMETRIA G07

MUESTRA	ESPESOR DE LA BASE	ESPESOR Del TSM	%YESO	Dimension del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSION)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSION)	Perdida de peso (%)	profundidad maxima de erosion (mm)
M 01	5.00	1.25	0.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.273	2.048	13.602	4.70%	4.5
M 02	5.00	1.25	0.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.047	2.048	13.415	4.50%	3.2
M 03	5.00	1.25	0.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	2.048	13.702	4.20%	1.7
M 04	5.00	1.25	0.50%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	2.104	13.418	4.60%	1.8
M 05	5.00	1.25	0.50%	30 cm x 30 xm	9.846	14.137	2.081	13.515	4.40%	1.5
M 06	5.00	1.25	0.50%	30 cm x 30 xm	9.972	14.270	2.126	13.656	4.30%	2.9
M 07	5.00	1.25	1.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.173	2.081	13.762	2.90%	2.7
M 08	5.00	1.25	1.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.078	2.048	13.782	2.10%	1.5
M 09	5.00	1.25	1.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.260	2.070	13.846	2.90%	2.2
M 10	5.00	1.25	1.50%	30 cm x 30 xm	9.864	14.168	2.126	13.800	2.60%	2.7
M 11	5.00	1.25	1.50%	30 cm x 30 xm	9.792	14.070	2.059	13.775	2.10%	1.7
M 12	5.00	1.25	1.50%	30 cm x 30 xm	9.936	14.234	2.081	13.849	2.70%	2.8
M 13	5.00	1.25	2.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	2.104	13.376	4.90%	2.5
M 14	5.00	1.25	2.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.060	2.104	13.483	4.10%	2.2
M 15	5.00	1.25	2.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.245	2.115	13.647	4.20%	2.1
M 16	5.00	1.25	3.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.160	2.036	13.537	4.40%	7.3
M 17	5.00	1.25	3.00%	30 cm x 30 xm	9.810	14.095	2.048	13.460	4.50%	7.6
M 18	5.00	1.25	3.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.304	2.093	13.703	4.20%	7.5
M 19	5.00	1.25	4.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.296	2.036	13.138	8.10%	7.9
M 20	5.00	1.25	4.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.245	2.104	12.992	8.80%	5.7
M 21	5.00	1.25	4.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.332	2.104	13.085	8.70%	5.7
M 22	5.00	1.25	5.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.224	2.059	13.029	8.40%	7.5
M 23	5.00	1.25	5.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.296	2.115	13.024	8.90%	6.6
M 24	5.00	1.25	5.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.227	2.126	12.989	8.70%	7.7

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

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

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CALICATA PILCOMAYO

**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG**

**MUESTRA : GRANULOMETRIA G08**

MUESTRA	ESPESOR DE LA BASE	ESPESOR Del TSM	%YESO	Dimension del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSION)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSION)	Perdida de peso (%)	profundidad maxima de erosion (mm)
M 01	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.990	14.271	3.054	13.544	5.10%	4.8
M 02	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.170	3.088	13.348	5.80%	4.9
M 03	5.00	1.88	0.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.255	3.139	13.442	5.70%	1.6
M 04	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.864	14.145	3.054	13.367	5.50%	2.3
M 05	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	9.774	14.072	3.105	13.340	5.20%	1.4
M 06	5.00	1.88	0.50%	30 cm x 30 xm	10.062	14.350	3.088	13.704	4.50%	3.3
M 07	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.109	3.088	13.489	4.40%	4.7
M 08	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.810	14.108	3.189	13.473	4.50%	2.5
M 09	5.00	1.88	1.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.252	3.139	13.567	4.80%	2.4
M 10	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.042	3.189	13.452	4.20%	2.7
M 11	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.026	3.189	13.353	4.80%	2.1
M 12	5.00	1.88	1.50%	30 cm x 30 xm	9.954	14.232	3.054	13.634	4.20%	1.1
M 13	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.738	14.016	3.156	13.133	6.30%	1.8
M 14	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.126	3.054	13.165	6.80%	2.1
M 15	5.00	1.88	2.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.257	3.088	13.373	6.20%	4.4
M 16	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.077	3.105	13.119	6.80%	5.6
M 17	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	9.758	14.029	3.173	13.061	6.90%	7.6
M 18	5.00	1.88	3.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.347	3.122	13.443	6.30%	5.1
M 19	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.311	3.156	13.323	6.90%	5.8
M 20	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.312	3.156	13.439	6.10%	5.6
M 21	5.00	1.88	4.00%	30 cm x 30 xm	9.936	14.221	3.189	13.353	6.10%	6.9
M 22	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.306	3.189	13.376	6.50%	6.8
M 23	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.360	3.122	13.484	6.10%	5.8
M 24	5.00	1.88	5.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.317	3.088	13.415	6.30%	6.3

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

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

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** CALICATA PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG** MUESTRA : GRANULOMETRIA G09

MUESTRA	ESPEJOR DE LA BASE	ESPEJOR Del TSM	%YESO	Dimension del molde	W BASE (kg)	W BASE + W TSM (SECO SIN EROSION)	W tratamiento superficial	W BASE + W TSM (SECO CON EROSION)	Perdida de peso (%)	profundidad maxima de erosion (mm)
M 01	5.00	1.00	0.00%	30 cm x 30 xm	10.008	14.302	1.674	13.516	5.50%	3.9
M 02	5.00	1.00	0.00%	30 cm x 30 xm	9.828	14.116	1.701	13.297	5.80%	3.7
M 03	5.00	1.00	0.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.276	1.665	13.491	5.50%	2.1
M 04	5.00	1.00	0.50%	30 cm x 30 xm	9.792	14.077	1.674	13.246	5.90%	3.8
M 05	5.00	1.00	0.50%	30 cm x 30 xm	9.846	14.147	1.665	13.354	5.60%	1.3
M 06	5.00	1.00	0.50%	30 cm x 30 xm	9.972	14.260	1.692	13.433	5.80%	2.3
M 07	5.00	1.00	1.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.037	1.656	13.546	3.50%	3.1
M 08	5.00	1.00	1.00%	30 cm x 30 xm	9.864	14.165	1.629	13.641	3.70%	1.6
M 09	5.00	1.00	1.00%	30 cm x 30 xm	10.026	14.314	1.692	13.784	3.70%	2.1
M 10	5.00	1.00	1.50%	30 cm x 30 xm	9.756	14.041	1.701	13.493	3.90%	1.8
M 11	5.00	1.00	1.50%	30 cm x 30 xm	9.738	14.029	1.656	13.496	3.80%	2.4
M 12	5.00	1.00	1.50%	30 cm x 30 xm	9.936	14.224	1.701	13.769	3.20%	1.8
M 13	5.00	1.00	2.00%	30 cm x 30 xm	9.882	14.186	1.656	13.165	7.20%	1.1
M 14	5.00	1.00	2.00%	30 cm x 30 xm	9.792	14.077	1.638	13.021	7.50%	2.5
M 15	5.00	1.00	2.00%	30 cm x 30 xm	9.954	14.258	1.701	13.174	7.60%	2.3
M 16	5.00	1.00	3.00%	30 cm x 30 xm	9.756	14.047	1.683	12.965	7.70%	4.9
M 17	5.00	1.00	3.00%	30 cm x 30 xm	9.774	14.065	1.683	12.968	7.80%	4.4
M 18	5.00	1.00	3.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.363	1.665	13.314	7.30%	5.8
M 19	5.00	1.00	4.00%	30 cm x 30 xm	9.990	14.294	1.629	13.050	8.70%	6.5
M 20	5.00	1.00	4.00%	30 cm x 30 xm	9.972	14.257	1.674	12.988	8.90%	6.2
M 21	5.00	1.00	4.00%	30 cm x 30 xm	10.062	14.366	1.638	13.188	8.20%	5.3
M 22	5.00	1.00	5.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.206	1.656	12.984	8.60%	6.6
M 23	5.00	1.00	5.00%	30 cm x 30 xm	10.044	14.322	1.674	13.162	8.10%	5.6
M 24	5.00	1.00	5.00%	30 cm x 30 xm	9.918	14.212	1.701	12.962	8.80%	5.7

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

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

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
**PROYECTO:** MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN  
 ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** ACOPIO PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG**      **MUESTRA : GRANULOMETRIA G05**

MUESTRA	ESPESOR DE LA BASE	ESPESOR Del TSM	% YESO	Perdida de peso (%) G5	Perdida de peso (%) G6	Perdida de peso (%) G7	Perdida de peso (%) G8	Perdida de peso (%) G9
M 01	5.00	1.88	0.00%	2.20%	3.60%	4.70%	5.10%	5.50%
M 02	5.00	1.88	0.00%	2.70%	3.60%	4.50%	5.80%	5.80%
M 03	5.00	1.88	0.00%	2.90%	3.60%	4.20%	5.70%	5.50%
M 04	5.00	1.88	0.50%	2.80%	3.10%	4.60%	5.50%	5.90%
M 05	5.00	1.88	0.50%	2.10%	3.70%	4.40%	5.20%	5.60%
M 06	5.00	1.88	0.50%	2.70%	3.90%	4.30%	4.50%	5.80%
M 07	5.00	1.88	1.00%	1.90%	2.20%	2.90%	4.40%	3.50%
M 08	5.00	1.88	1.00%	1.60%	2.20%	2.10%	4.50%	3.70%
M 09	5.00	1.88	1.00%	1.30%	2.30%	2.90%	4.80%	3.70%
M 10	5.00	1.88	1.50%	1.30%	2.70%	2.60%	4.20%	3.90%
M 11	5.00	1.88	1.50%	1.10%	2.90%	2.10%	4.80%	3.80%
M 12	5.00	1.88	1.50%	1.60%	2.40%	2.70%	4.20%	3.20%
M 13	5.00	1.88	2.00%	3.40%	3.70%	4.90%	6.30%	7.20%
M 14	5.00	1.88	2.00%	3.60%	3.70%	4.10%	6.80%	7.50%
M 15	5.00	1.88	2.00%	3.30%	3.90%	4.20%	6.20%	7.60%
M 16	5.00	1.88	3.00%	5.20%	6.20%	4.40%	6.80%	7.70%
M 17	5.00	1.88	3.00%	5.30%	6.70%	4.50%	6.90%	7.80%
M 18	5.00	1.88	3.00%	5.30%	6.20%	4.20%	6.30%	7.30%
M 19	5.00	1.88	4.00%	7.60%	6.20%	8.10%	6.90%	8.70%
M 20	5.00	1.88	4.00%	7.20%	6.30%	8.80%	6.10%	8.90%
M 21	5.00	1.88	4.00%	7.50%	6.60%	8.70%	6.10%	8.20%
M 22	5.00	1.88	5.00%	7.30%	6.30%	8.40%	6.50%	8.60%
M 23	5.00	1.88	5.00%	7.10%	6.20%	8.90%	6.10%	8.10%
M 24	5.00	1.88	5.00%	7.20%	6.80%	8.70%	6.30%	8.80%

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

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

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:** ANALISIS DE LA RESISTENCIA A LA ERUSION DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
 MONEDADOS POR LA ADICION DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSION  
**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** ACOPIO PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

ENSAYO DE GEELONG      MUESTRA : GRANULOMETRIA G05

MUESTRA	ESPESOR DE LA BASE	ESPESOR Del TSM	% YESO	Pérdida de peso (% G5)	Pérdida de peso (% G6)	Pérdida de peso (% G7)	Pérdida de peso (% G8)	Pérdida de peso (% G9)
M 01	5.00	1.88	0.00%	4.90	1.50	4.50	4.80	3.90
M 02	5.00	1.88	0.00%	1.90	1.40	3.20	4.90	3.70
M 03	5.00	1.88	0.00%	3.60	1.50	1.70	1.60	2.10
M 04	5.00	1.88	0.50%	2.50	1.10	1.80	2.30	3.80
M 05	5.00	1.88	0.50%	3.20	2.70	1.50	1.40	1.30
M 06	5.00	1.88	0.50%	2.60	1.40	2.90	3.30	2.30
M 07	5.00	1.88	1.00%	3.60	1.80	2.70	4.70	3.10
M 08	5.00	1.88	1.00%	4.10	4.60	1.50	2.50	1.60
M 09	5.00	1.88	1.00%	1.40	2.50	2.20	2.40	2.10
M 10	5.00	1.88	1.50%	1.30	1.10	2.70	2.70	1.80
M 11	5.00	1.88	1.50%	3.90	3.60	1.70	2.10	2.40
M 12	5.00	1.88	1.50%	1.30	4.30	2.80	1.10	1.80
M 13	5.00	1.88	2.00%	1.70	1.60	2.50	1.80	1.10
M 14	5.00	1.88	2.00%	3.90	1.50	2.20	2.10	2.50
M 15	5.00	1.88	2.00%	4.30	3.80	2.10	4.40	2.30
M 16	5.00	1.88	3.00%	5.80	6.90	7.30	5.60	4.90
M 17	5.00	1.88	3.00%	6.40	6.50	7.60	7.60	4.40
M 18	5.00	1.88	3.00%	5.40	6.80	7.50	5.10	5.80
M 19	5.00	1.88	4.00%	6.40	7.20	7.90	5.80	6.50
M 20	5.00	1.88	4.00%	7.30	5.50	5.70	5.60	6.20
M 21	5.00	1.88	4.00%	6.90	6.50	5.70	6.90	5.30
M 22	5.00	1.88	5.00%	5.90	7.50	7.50	6.80	6.60
M 23	5.00	1.88	5.00%	7.30	7.30	6.60	5.80	5.60
M 24	5.00	1.88	5.00%	6.30	5.40	7.70	6.30	5.70

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

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



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS  
**PROYECTO:** POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CALICATA

**CERTIFICADO:** CC - 00312

**CIRCULO DE ARENA G05**

MUESTRA	% YESO	DIAMETRO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MOT FINAL	MDF INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.21	24646.755	87.000	84.000	83.400	84.80	4.364	3.100	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.12	24602.577	87.000	84.100	83.400	84.83	4.353	3.200	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.11	24597.668	87.000	84.000	83.600	84.87	4.348	3.200	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.24	24661.482	80.240	80.210	80.340	80.26	4.874	3.200	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.14	24612.394	80.240	80.660	80.520	80.47	4.839	3.200	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.13	24607.485	80.280	80.390	80.510	80.39	4.848	3.200	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.11	24597.668	90.520	90.530	90.330	90.46	3.827	3.200	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.24	24661.482	90.650	90.330	90.570	90.52	3.832	3.100	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.23	24656.573	90.370	90.430	90.210	90.34	3.847	3.200	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.22	24651.664	104.000	105.000	100.000	103.00	2.959	3.200	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.22	24651.664	118.000	119.000	118.000	118.33	2.242	3.200	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.23	24656.573	100.000	103.000	101.000	101.33	3.057	3.100	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.15	24617.303	87.000	98.000	97.000	94.00	3.547	3.300	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.21	24646.755	98.000	91.000	94.000	94.33	3.526	3.200	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.24	24661.482	87.000	89.000	93.000	89.67	3.905	3.100	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.22	24651.664	83.000	80.000	84.000	82.33	4.630	3.300	MEDIA
M 17	3.00%	25.00	50.22	24651.664	78.000	81.000	78.000	79.00	5.029	3.100	RUGOSO
M 18	3.00%	25.00	50.22	24651.664	85.000	80.000	79.000	81.33	4.745	3.300	MEDIA
M 19	4.00%	25.00	50.24	24661.482	77.000	80.000	85.000	80.67	4.825	3.100	MEDIA
M 20	4.00%	25.00	50.14	24612.394	84.000	77.000	85.000	82.00	4.661	3.200	MEDIA
M 21	4.00%	25.00	50.11	24597.668	80.000	78.000	82.000	80.00	4.894	3.200	MEDIA
M 22	5.00%	25.00	50.24	24661.482	82.000	78.000	83.000	81.00	4.786	3.200	MEDIA
M 23	5.00%	25.00	50.12	24602.577	84.000	83.000	78.000	81.67	4.697	3.200	MEDIA
M 24	5.00%	25.00	50.15	24617.303	82.000	79.000	78.000	79.67	4.939	3.100	MEDIA

  
**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 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

**PROYECTO:** MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CALICATA

**CERTIFICADO:** CC - 00313

***CIRCULO DE ARENA G06***

MUESTRA	%YESO	DIAMETRO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MOT FINAL	MOF INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.23	24656.573	101.00	99.00	94.00	98.00	3.269	2.700	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.14	24612.394	101.00	102.00	92.00	98.33	3.241	2.300	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.15	24617.303	92.00	94.00	99.00	95.00	3.473	2.800	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.15	24617.303	93.00	94.00	102.00	96.33	3.378	2.700	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.23	24656.573	93.00	101.00	101.00	98.33	3.247	2.300	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.14	24612.394	93.00	96.00	95.00	94.67	3.497	2.500	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.23	24656.573	105.00	111.00	106.00	107.33	2.725	2.600	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.23	24656.573	113.00	115.00	100.00	109.33	2.626	2.600	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.15	24617.303	114.00	97.00	105.00	105.33	2.825	2.700	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.14	24612.394	109.00	112.00	107.00	109.33	2.622	2.500	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.13	24607.485	113.00	108.00	115.00	112.00	2.498	2.700	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.14	24612.394	114.00	113.00	100.00	109.00	2.638	2.400	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.12	24602.577	94.00	89.00	93.00	92.00	3.701	2.400	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.11	24597.668	93.00	93.00	92.00	92.67	3.647	2.700	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.22	24651.664	89.00	94.00	95.00	92.67	3.655	2.700	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.14	24612.394	91.00	89.00	91.00	90.33	3.840	2.600	MEDIA
M 17	3.00%	25.00	50.11	24597.668	89.00	95.00	91.00	91.67	3.727	2.600	MEDIA
M 18	3.00%	25.00	50.12	24602.577	92.00	94.00	95.00	93.67	3.570	2.300	MEDIA
M 19	4.00%	25.00	50.13	24607.485	86.00	88.00	88.00	87.33	4.108	2.400	MEDIA
M 20	4.00%	25.00	50.14	24612.394	89.00	77.00	87.00	84.33	4.406	2.700	MEDIA
M 21	4.00%	25.00	50.25	24666.390	85.00	86.00	88.00	86.33	4.214	2.400	MEDIA
M 22	5.00%	25.00	50.23	24656.573	84.00	90.00	78.00	84.00	4.449	2.600	MEDIA
M 23	5.00%	25.00	50.21	24646.755	83.00	82.00	83.00	82.67	4.592	2.500	MEDIA
M 24	5.00%	25.00	50.15	24617.303	80.00	78.00	83.00	80.33	4.857	2.700	MEDIA

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

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

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS

**PROYECTO:** POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO

**UBICACIÓN:** CALICATA

**CERTIFICADO:** CC - 00314

### CÍRCULO DE ARENA G07

MUESTRA	% YESO	DIAMETRO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MDT FINAL	MDT INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.12	24602.577	93.00	95.00	98.00	95.33	3.447	2.200	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.15	24617.303	97.00	100.00	97.00	98.00	3.264	2.200	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.14	24612.394	100.00	97.00	94.00	97.00	3.331	2.300	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.21	24646.755	93.00	104.00	96.00	97.67	3.290	2.100	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.12	24602.577	98.00	101.00	95.00	98.00	3.262	2.100	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.14	24612.394	95.00	92.00	93.00	93.33	3.597	2.100	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.14	24612.394	85.00	106.00	110.00	110.00	2.590	2.200	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.14	24612.394	84.00	109.00	97.00	103.00	2.954	2.200	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.25	24666.390	91.00	102.00	110.00	97.00	3.338	2.300	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.12	24602.577	93.00	109.00	96.00	102.00	3.011	2.300	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.14	24612.394	82.00	110.00	103.00	106.00	2.789	2.300	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.23	24656.573	84.00	96.00	95.00	108.00	2.692	2.400	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.11	24597.668	91.00	87.00	86.00	88.00	4.044	2.200	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.21	24646.755	94.00	96.00	88.00	92.67	3.654	2.200	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.15	24617.303	92.00	91.00	93.00	92.00	3.703	2.200	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.13	24607.485	72.00	82.00	73.00	75.67	5.472	2.400	RUGOSO
M 17	3.00%	25.00	50.24	24661.482	83.00	83.00	85.00	83.67	4.486	2.300	MEDIA
M 18	3.00%	25.00	50.12	24602.577	75.00	85.00	80.00	80.00	4.895	2.100	MEDIA
M 19	4.00%	25.00	50.11	24597.668	86.00	80.00	87.00	84.33	4.404	2.200	MEDIA
M 20	4.00%	25.00	50.24	24661.482	83.00	88.00	73.00	81.33	4.747	2.200	MEDIA
M 21	4.00%	25.00	50.13	24607.485	83.00	75.00	89.00	82.33	4.622	2.300	MEDIA
M 22	5.00%	25.00	50.14	24612.394	70.00	66.00	70.00	68.67	6.646	2.400	RUGOSO
M 23	5.00%	25.00	50.14	24612.394	62.00	62.00	70.00	64.67	7.494	2.200	RUGOSO
M 24	5.00%	25.00	50.22	24651.664	65.00	62.00	67.00	64.67	7.506	2.200	RUGOSO

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

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



## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
**PROYECTO:** MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN  
 ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** CALICATA  
**CERTIFICADO:** CC - 00315

### CIRCULO DE ARENA G08

MUESTRA	%YESO	DIA NETO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MOT FINAL	MOT INICIAL	TEXTURA
M 01	0.00%	25.00	50.23	24656.573	88.00	89.00	90.00	89.00	3.963	1.700	MEDIA
M 02	0.00%	25.00	50.12	24602.577	99.00	88.00	89.00	92.00	3.701	1.800	MEDIA
M 03	0.00%	25.00	50.23	24656.573	96.00	90.00	99.00	95.00	3.479	1.700	MEDIA
M 04	0.50%	25.00	50.15	24617.303	90.00	89.00	95.00	91.33	3.757	1.800	MEDIA
M 05	0.50%	25.00	50.15	24617.303	92.00	87.00	93.00	90.67	3.813	1.900	MEDIA
M 06	0.50%	25.00	50.25	24666.390	97.00	99.00	91.00	95.67	3.432	1.700	MEDIA
M 07	1.00%	25.00	50.22	24651.664	106.00	109.00	98.00	104.33	2.883	1.900	MEDIA
M 08	1.00%	25.00	50.23	24656.573	103.00	107.00	100.00	103.33	2.940	1.900	MEDIA
M 09	1.00%	25.00	50.14	24612.394	98.00	108.00	105.00	103.67	2.916	1.800	MEDIA
M 10	1.50%	25.00	50.12	24602.577	105.00	107.00	98.00	103.33	2.934	1.700	MEDIA
M 11	1.50%	25.00	50.21	24646.755	109.00	101.00	108.00	106.00	2.793	1.900	MEDIA
M 12	1.50%	25.00	50.21	24646.755	102.00	110.00	99.00	103.67	2.920	1.900	MEDIA
M 13	2.00%	25.00	50.24	24661.482	106.00	101.00	103.00	103.33	2.941	1.700	MEDIA
M 14	2.00%	25.00	50.14	24612.394	105.00	99.00	104.00	102.67	2.973	1.800	MEDIA
M 15	2.00%	25.00	50.12	24602.577	99.00	110.00	101.00	103.33	2.934	1.900	MEDIA
M 16	3.00%	25.00	50.14	24612.394	67.00	67.00	67.00	67.00	4.981	1.800	RUGOSO
M 17	3.00%	25.00	50.22	24651.664	74.00	68.00	72.00	71.33	4.168	1.800	RUGOSO
M 18	3.00%	25.00	50.24	24661.482	67.00	71.00	72.00	70.00	6.408	1.900	RUGOSO
M 19	4.00%	25.00	50.25	24666.390	69.00	69.00	71.00	69.67	6.471	1.700	RUGOSO
M 20	4.00%	25.00	50.13	24607.485	72.00	73.00	71.00	72.00	6.044	1.700	RUGOSO
M 21	4.00%	25.00	50.23	24656.573	71.00	71.00	74.00	72.00	6.056	1.900	RUGOSO
M 22	5.00%	25.00	50.13	24607.485	67.00	68.00	67.00	67.33	6.911	1.800	RUGOSO
M 23	5.00%	25.00	50.11	24597.668	72.00	67.00	72.00	70.33	6.331	1.700	RUGOSO
M 24	5.00%	25.00	50.25	24666.390	68.00	68.00	74.00	70.00	6.409	1.800	RUGOSO

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

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

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
**PROYECTO:** MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN ACCELERADA  
 - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** CALICATA  
**CERTIFICADO:** CC - 00316

**CIRCULO DE ARENA G09**

MUESTRA	% YESO	DIA METO DEL CILINDRO	ALTURA DEL CILINDRO H	VOLUMEN DEL CILINDRO	D1	D2	D3	D PROM	MDT FINAL	MDT INICIAL	TEXTURA
M01	0.00%	25.00	50.13	24607.485	88.00	78.00	78.00	81.33	4.736	1.400	MEDIA
M02	0.00%	25.00	50.25	24666.390	80.00	87.00	84.00	83.67	4.487	1.500	MEDIA
M03	0.00%	25.00	50.15	24617.303	85.00	82.00	84.00	83.67	4.478	1.400	MEDIA
M04	0.50%	25.00	50.13	24607.485	77.00	82.00	86.00	81.67	4.698	1.400	MEDIA
M05	0.50%	25.00	50.24	24661.482	77.00	89.00	82.00	82.67	4.595	1.500	MEDIA
M06	0.50%	25.00	50.15	24617.303	88.00	83.00	84.00	85.00	4.338	1.400	MEDIA
M07	1.00%	25.00	50.24	24661.482	95.00	91.00	94.00	92.67	5.657	1.400	MEDIA
M08	1.00%	25.00	50.21	24646.755	84.00	90.00	85.00	86.33	4.210	1.500	MEDIA
M09	1.00%	25.00	50.23	24656.573	89.00	78.00	85.00	84.00	4.449	1.500	MEDIA
M10	1.50%	25.00	50.14	24612.394	94.00	84.00	92.00	90.00	3.869	1.500	MEDIA
M11	1.50%	25.00	50.12	24602.577	94.00	87.00	89.00	90.00	3.867	1.400	MEDIA
M12	1.50%	25.00	50.24	24661.482	80.00	82.00	91.00	84.33	4.415	1.300	MEDIA
M13	2.00%	25.00	50.13	24607.485	79.00	79.00	83.00	80.33	4.855	1.400	MEDIA
M14	2.00%	25.00	50.22	24651.664	85.00	85.00	88.00	86.00	4.244	1.400	MEDIA
M15	2.00%	25.00	50.24	24661.482	80.00	81.00	84.00	81.67	4.708	1.500	MEDIA
M16	3.00%	25.00	50.21	24646.755	82.00	86.00	82.00	83.33	4.519	1.300	MEDIA
M17	3.00%	25.00	50.15	24617.303	77.00	86.00	83.00	82.00	4.661	1.400	MEDIA
M18	3.00%	25.00	50.24	24661.482	81.00	86.00	82.00	83.00	4.558	1.400	MEDIA
M19	4.00%	25.00	50.12	24602.577	73.00	78.00	77.00	76.00	5.423	1.500	RUGOSO
M20	4.00%	25.00	50.22	24651.664	84.00	82.00	86.00	84.00	4.448	1.400	MEDIA
M21	4.00%	25.00	50.22	24651.664	77.00	86.00	71.00	78.00	5.159	1.300	RUGOSO
M22	5.00%	25.00	50.14	24612.394	87.00	72.00	81.00	80.00	4.896	1.300	MEDIA
M23	5.00%	25.00	50.11	24597.668	78.00	79.00	77.00	78.00	5.148	1.300	RUGOSO
M24	5.00%	25.00	50.22	24651.664	83.00	77.00	83.00	81.00	4.784	1.300	MEDIA

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

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

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
 MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN  
 ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**PROYECTO:** BACH, JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** ACOPIO PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00312

**CIRCULO DE ARENA**      **MUESTRA:** MDF

MUESTRA	ESPESES DE LA BASE	ESPESES DEL TSM	%YESO	MDF FINAL 05 (mm)	MDF FINAL (mm) 06	MDF FINAL (mm) 07	MDF FINAL (mm) 08	MDF FINAL (mm) 09	MDF INICIAL (mm) 05	MDF INICIAL (mm) 06	MDF INICIAL (mm) 07	MDF INICIAL (mm) 08	MDF INICIAL (mm) 09
M 01	5.00	1.88	0.00%	4.36	3.45	3.45	3.96	4.74	3.10	2.70	2.20	1.70	1.40
M 02	5.00	1.88	0.00%	4.35	3.25	3.26	3.70	4.49	3.20	2.30	2.20	1.80	1.50
M 03	5.00	1.88	0.00%	4.35	3.33	3.33	3.48	4.48	3.20	2.80	2.20	1.70	1.40
M 04	5.00	1.88	0.50%	4.87	3.23	3.29	3.76	4.70	3.20	2.70	2.20	1.80	1.40
M 05	5.00	1.88	0.50%	4.84	3.25	3.26	3.81	4.59	3.20	2.30	2.20	1.90	1.50
M 06	5.00	1.88	0.50%	4.85	3.62	3.60	3.43	4.34	3.20	2.50	2.20	1.70	1.40
M 07	5.00	1.88	1.00%	3.83	2.59	2.59	2.88	3.66	3.20	2.60	2.20	1.90	1.40
M 08	5.00	1.88	1.00%	3.83	2.95	2.95	2.94	4.21	3.10	2.60	2.20	1.90	1.50
M 09	5.00	1.88	1.00%	3.85	3.34	3.34	2.92	4.45	3.20	2.70	2.20	1.80	1.50
M 10	5.00	1.88	1.50%	2.96	3.01	3.01	2.93	3.87	3.20	2.50	2.20	1.70	1.50
M 11	5.00	1.88	1.50%	2.24	2.79	2.79	2.79	3.87	3.20	2.70	2.20	1.90	1.40
M 12	5.00	1.88	1.50%	3.06	2.69	2.69	2.92	4.42	3.10	2.40	2.20	1.90	1.30
M 13	5.00	1.88	2.00%	3.55	4.04	4.04	2.94	4.85	3.30	2.40	2.20	1.70	1.40
M 14	5.00	1.88	2.00%	3.53	3.65	3.65	2.97	4.24	3.20	2.70	2.20	1.80	1.40
M 15	5.00	1.88	2.00%	3.91	3.70	3.70	2.93	4.71	3.10	2.70	2.20	1.90	1.50
M 16	5.00	1.88	3.00%	4.63	5.47	5.47	4.98	4.52	3.30	2.60	2.20	1.80	1.30
M 17	5.00	1.88	3.00%	5.03	4.49	4.49	4.17	4.66	3.10	2.60	2.20	1.80	1.40
M 18	5.00	1.88	3.00%	4.74	4.89	4.89	6.41	4.56	3.30	2.30	2.20	1.90	1.40
M 19	5.00	1.88	4.00%	4.83	4.40	4.40	6.47	5.42	3.10	2.40	2.20	1.70	1.50
M 20	5.00	1.88	4.00%	4.66	4.75	4.75	6.04	4.45	3.20	2.70	2.20	1.70	1.40
M 21	5.00	1.88	4.00%	4.89	4.62	4.62	6.06	5.16	3.20	2.40	2.20	1.90	1.30
M 22	5.00	1.88	5.00%	4.79	6.65	6.65	6.91	4.90	3.20	2.60	2.20	1.80	1.30
M 23	5.00	1.88	5.00%	4.70	7.49	7.49	6.33	5.15	3.20	2.50	2.20	1.70	1.30
M 24	5.00	1.88	5.00%	4.94	7.51	7.51	6.41	4.78	3.10	2.70	2.20	1.80	1.30

*Juan Ernesto Tejeda Diaz*  
**Juan Ernesto Tejeda Diaz**  
 JEFE DEL LABORATORIO  
 GOLDFIX EURL

*Julia Adriana Rojas Poma*  
**Julia Adriana Rojas Poma**  
 JEFE DEL LABORATORIO  
 GOLDFIX EURL

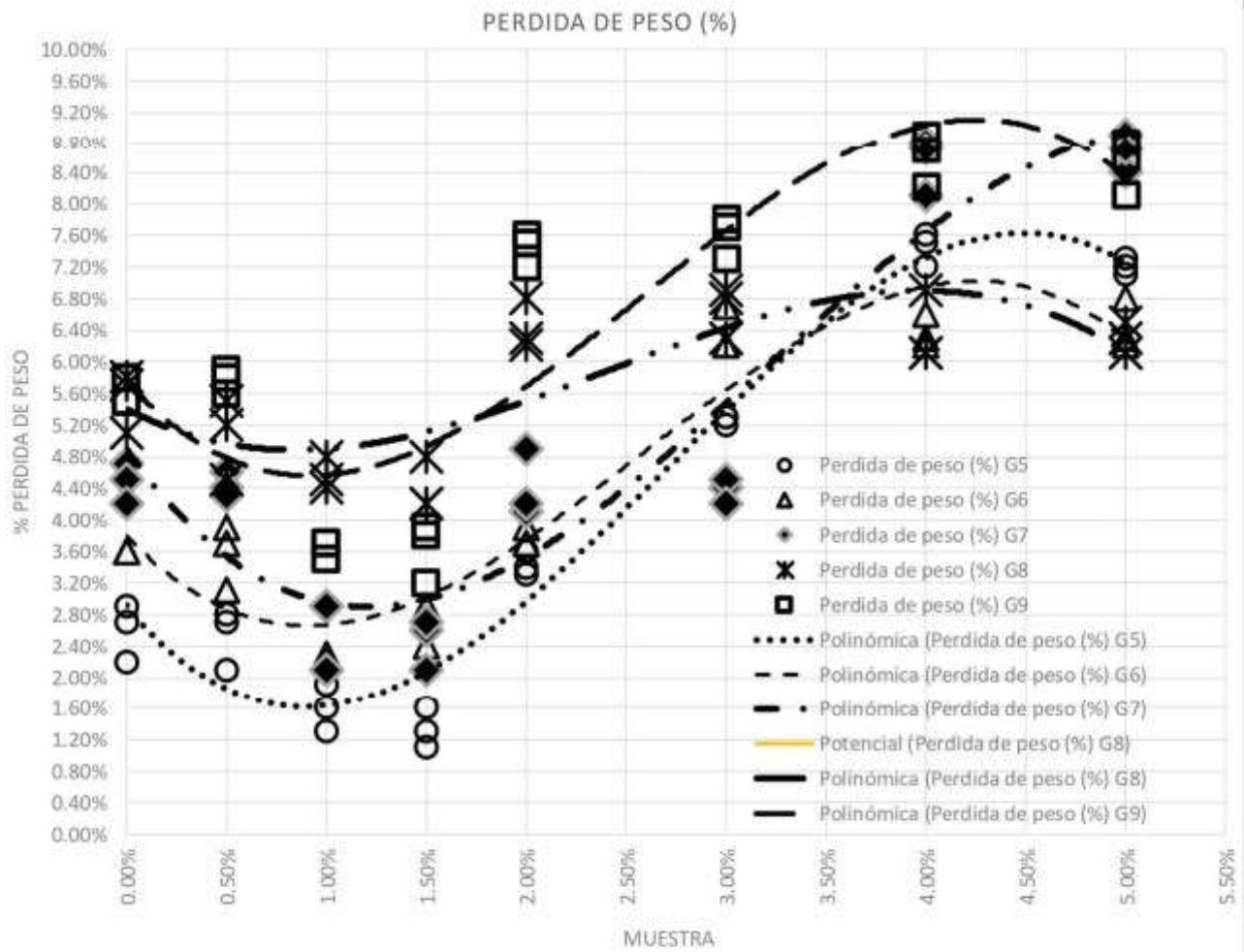
# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
**PROYECTO:** MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN  
 ACELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** ACOPIO PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG**      **MUESTRA : GRANULOMETRIA G05**



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

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

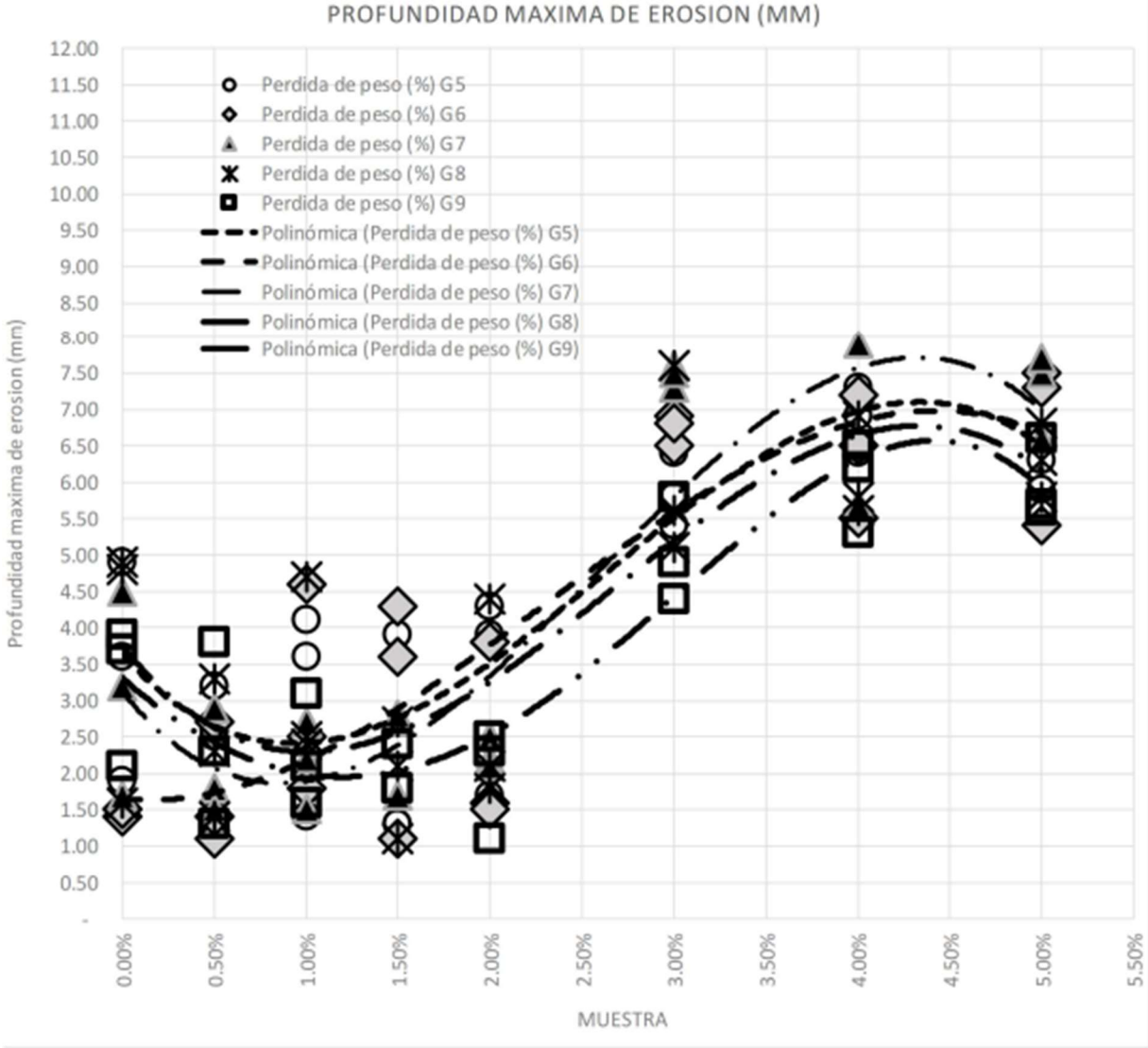
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**PROYECTO:** ANALISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSION DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MODIFICADOS POR LA ADICION DE CENIZAS, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSION  
**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** ACOPIO PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

**ENSAYO DE GEELONG**

**MUESTRA : GRANULOMETRIA G05**



  
**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 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

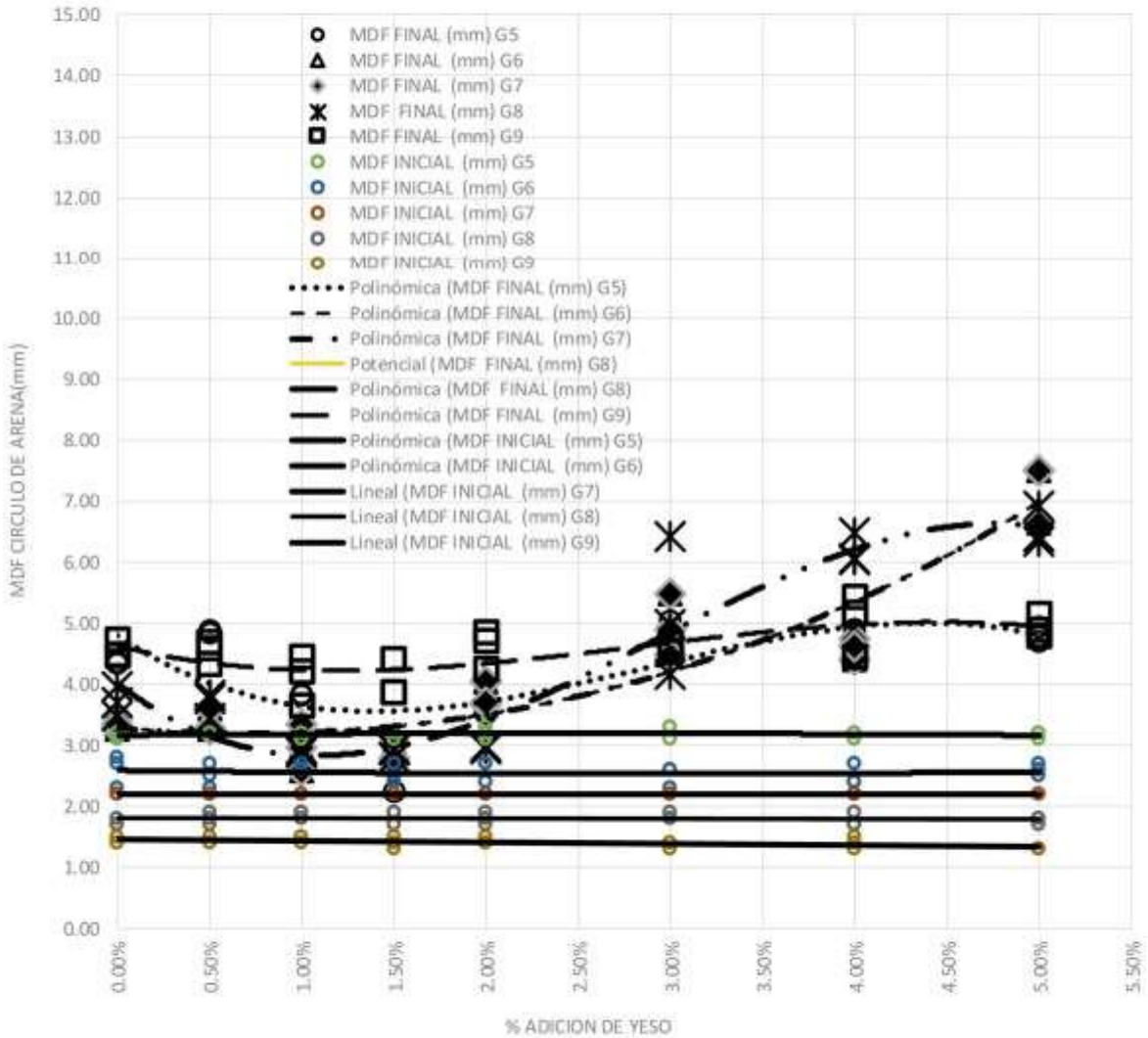


ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES  
**PROYECTO:** MODIFICADOS POR LA ADICIÓN DE YESO, EVALUADO CON ENSAYOS DE EROSIÓN  
 ACCELERADA - HUANCAYO 2021

**CONSULTOR:** BACH. JHON ANTHONY IBARRA FIERRO  
**UBICACIÓN:** ACOPIO PILCOMAYO  
**CERTIFICADO:** CC - 00298

## ENSAYO DE CIRCULO DE ARENA

MDF CIRCULO DE ARENA(mm)



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

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