



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GOTECNICA Y TRANSPORTES



**ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
PAVIMENTOS RÍGIDOS**

TESIS PRESENTADA POR:
ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GOTECNICA Y TRANSPORTES

JULIACA – PERÚ
2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENTIÓN: GEOTECNICA Y TRANSPORTES
ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESIS PRESENTADA POR:
ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES

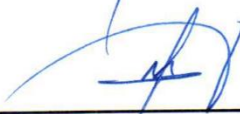
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENTIÓN: GEOTECNICA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :


Dr. ARNALDO YANA TORRES

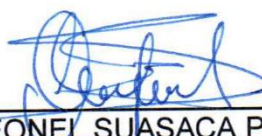
PRIMER MIEMBRO :


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO :


Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO

ASESOR DE TESIS :


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°0382-2025-D-EPG-UANCV/J**

Juliaca, 29 de setiembre del 2025

VISTOS:

El expediente N°2024-07738 presentado por el (la) Bach: **ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES**, con número de DNI 29565271 asignado (a) con código de matrícula 1911000251 de hora y fecha de sustentación; de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach: **ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES**, con número de DNI 29565271 asignado (a) con código de matrícula 1911000251 de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, ha solicitado fecha y hora, modalidad de sustentación de la Tesis titulada: **ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50 y;**

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 26 de abril del 2022, Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR EXPEDITO para la Sustentación de la Tesis titulada: **ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS** Elaborado por el (la) Bachiller: **ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES**, la terna de jurados está integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Primer Jurado	: Mgr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Segundo Jurado	: Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO
Asesor de Tesis	: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

ARTÍCULO SEGUNDO. - El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

Fecha	: Lunes 29 de setiembre del 2025
Hora	: 04:00 pm
Lugar	: Aula N°208 C.C N°03 EPG - UANCV - JULIACA

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado de **MAESTRO** de los estudiantes que ingresaron después a la aprobación de la ley Universitaria N° 30220.

ARTÍCULO TERCERO. - Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.

 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
JULIACA
Dr. Javier Quispe Zapata
DIRECTOR (a)



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°0009-2025-USA-EPG-UANCV/J

Juliaca, 06 de Enero del 2025

VISTOS:

El expediente N° 014971 presentado por el (a) **Bach: ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES** con DNI N° 29565271, código de matrícula 1911000251, de la Maestría en INGENIERÍA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES, Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** – P50 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" Filial Arequipa.

CONSIDERANDO:

Que, con exp. 014971 el (a) **Bach: ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES**, quien solicita suprimir las comillas, corrección en el título del proyecto, aprobada con **RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0612-2022 USA-EPG-UANCV/J**.

Que, con registro N° 003382 de fecha 25 de julio del 2022 el comité de investigación aprueba, que cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grados de investigación conducentes Grado Académico de Magíster/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – RECTIFICAR LA RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0612-2022 USA-EPG-UANCV/J, de fecha 21 de octubre del 2022, únicamente en lo que corresponde suprimir las comillas y corregir el título del proyecto dice: **"ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE LOS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS"**, debiendo consignarse correctamente como: **ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS**

ARTÍCULO SEGUNDO. – CONSERVAR a los miembros del jurado y asesor que aprobaron el proyecto de tesis titulado: **ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS**.

Presidente	:	Dr. EFRAIN PARILLO SOSA	Dr. DONALDO
Primer Miembro	:	Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON	Dr. FRIE
Segundo Miembro	:	Dr. MILTHON QUISPE HUANCA	Dr. OCULTORA
Asesor	:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO	

ARTÍCULO TERCERO. – AUTORIZAR el desarrollo de la tesis, de acuerdo al reglamento de investigación conducente al grado académico de **MAESTRO** de la escuela de posgrado de la UANCV.

ARTICULO CUARTO.-Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerectorado Académico, Vicerectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.



Dr. Leopoldo Meneses Condon Cari
DIRECTOR (e)

Cc./Arch: EPG (01)
Interesado (01)
Cargo (01)
Expediente (01)
LWCC/vrch



TESIS UANCV



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCION DIRECTORAL N° 0612-2022-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 21 de octubre del 2022.

VISTOS:

El expediente N° 039176, de fecha 24 de agosto del 2022, presentado por el (la) Bachiller **CACERES FLORES ROBERTO BONIFACIO**, con DNI N° **29565271**, código de matrícula **1911000251**, quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulado: **"ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE LOS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS"** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el grado de **MAESTRO** en: **INGENIERÍA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Filial Arequipa.

CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico de actualidad de alto valor científico.

Que, según Resolución N° 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y Titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Posgrado.

Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister, Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Posgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.

Que, en el **Art. 60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máximo el candidato a Magister, Maestro o Doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.

Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Posgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.

Que, mediante oficio circular N° 0627-2022-USA-EPG/UANCV-J, de fecha 04 de julio del 2022, se nombra al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformado por los siguientes docentes:

Presidente	: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Primer miembro	: Mgtr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON
Segundo miembro	: Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA

Que, con registro N° 003382, de fecha 25 de julio del 2022, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **"ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE LOS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS"**, presentado por el (la) Bachiller **CACERES FLORES ROBERTO BONIFACIO**, cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV.

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado y en el artículo 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR, el Proyecto de investigación de Tesis de maestría y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **"ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE LOS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS"**, presentado por el (la) Bachiller **CACERES FLORES ROBERTO BONIFACIO**, para obtener el grado académico de **MAESTRO** en: **INGENIERÍA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la UANCV, asesorado por el (la) Dr. **LEONEL SUASACA PELINCO**.

SEGUNDO: ELEVAR al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese. Comuníquese y Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dra. María Amparo del Pilar Churruarín Catacora
DIRECTORA (e)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dra. Graciela Bernal Salas
SECRETARIA ACADEMICA

c/cARGO (01)
ARCHIVO EPG-2022 (01)
INTERESADO (01)
MACC/meyn



ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

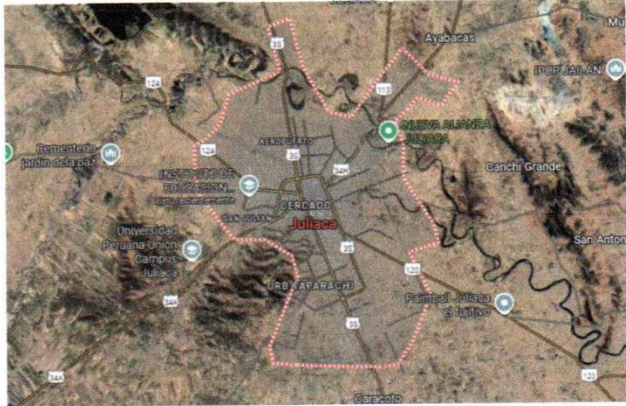
1	imt.mx	Fuente de Internet	4%
2	issuu.com	Fuente de Internet	3%
3	revistaalconpat.org	Fuente de Internet	3%
4	vsip.info	Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	Trabajo del estudiante	1%
6	tesis.ipn.mx	Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE	Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.uancv.edu.pe	Fuente de Internet	1%



Metadatos complementarios - UANCV

Título de la Tesis	
ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	29565271
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-5160-7451
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02436114
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0655-8198
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología De La Construcción – P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas Longitud: -15.501559479149758 Latitud: -70.12796829025409 https://maps.app.goo.gl/LCnKC1DX7eKiq6zF9 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero del 2025 – Setiembre del 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSTGRADO
Dr. Jesús María Montañi
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES, identificado con DNI Nro. 29565271 en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación**, ☐ **Trabajo Académico** denominada:

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA

COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

Asesorado por: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

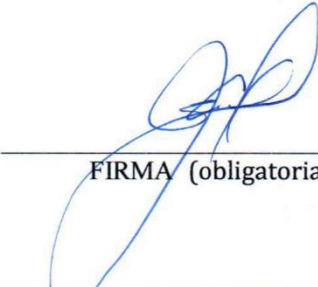
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 12 de Diciembre del 2025


FIRMA DEL ASESOR (obligatoria)


FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres: Valentín y Hermelinda



AGRADECIMIENTO

A todos los que contribuyeron en la
materialización del presente trabajo de
investigación



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION.....	xv

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Exposición de la Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Justificación de la Investigación	3
1.4 Objetivos de la Investigación:	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Hipótesis y Variables:	4
1.5.1 Hipótesis general:.....	4
1.5.2 Variables	4
1.5.3 Operacionalización de las Variables:.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Marco Teórico Inicial	6
2.1.1 A nivel general.....	6



2.1.2 Fisuras en estado plástico	8
2.1.3 En estado endurecido	10
2.1.4 Meteorización	12
2.1.5 Por corrosión de armadura	12
2.1.6 Por prácticas constructivas inadecuadas	13
2.2 Marco Conceptual	14
2.2.1 Fisuras por compresión	14
2.2.2 El ultrasonido	15

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de Investigación	18
3.2. Tipología de la Investigación	18
3.3. Nivel de Investigación	18
3.4. Diseño de Investigación	18
3.5. Población	19
3.6. Muestra	19

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Concreto	20
4.2. Equipo de Medición de VUS	22
4.3. Proceso de Compresión	23
4.4. Resultados de Evaluación	25
4.4.1. Ensayos con medición discontinua	27
4.4.2. Ensayos de medición continua	33
4.5. Resultados de Evaluación	42
4.5.1. Resistencias menores a 200 Kg/cm ²	42
4.5.2. Resistencias menores a 300 Kg/cm ²	43
4.5.3. Resistencias menores a 400 Kg/cm ²	44



4.6. Determinación de evolución de las micro fisuras	45
4.6.1. Resistencias menores a 200 kg/cm^2	47
4.6.2. Resistencias menores a 300 kg/cm^2	48
4.6.3. Resistencias menores a 400 kg/cm^2	48
4.7. Generalización propuesta de evolución de micro fisuras	50

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	5
Tabla 2. Descripción de resistencias de concreto elaboradas	20
Tabla 3. Propiedades de los agregados	21
Tabla 4. Análisis T-student de probetas	22
Tabla 5. Registro continuo de VUS y 25% $f'c$	34
Tabla 6. Registro continuo de VUS y 100% de $f'c$	35
Tabla 7. Cuadro resumen de variación de % de microfisuras y % de resistencia	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Base de probeta	23
Figura 2. Acondicionamiento de probeta.....	24
Figura 3. Velocidad de ultrasonido VS Resistencia a la compresión.....	26
Figura 4. Proceso de carga y medición de VUS.....	27
Figura 5. Proceso de carga y medición de VUS.....	28
Figura 6. VUS VS % f_c , % de carga por probeta.....	28
Figura 7. VUS % f_c , % de carga por probeta	29
Figura 8. VUS VS % f_c , % de carga por probeta.....	30
Figura 9. VUS VS % f_c , % de carga por probeta.....	31
Figura 10. VUS VS % f_c , % de carga por probeta.....	31
Figura 11. VUS VS % f_c , % de carga por probeta, 5 ciclos	32
Figura 12. Proceso de carga-medición de VUS continua-tiempo	33
Figura 13. VUS VS % 25% f_c , medición continua	37
Figura 14. VUS VS % 50% f_c , medición continua	37
Figura 15. VUS VS % 75% f_c , medición continua	38
Figura 16. VUS VS % 100% f_c , medición continua	39
Figura 17. VUS VS % f_c , todos los %.....	39
Figura 18. Proceso de carga-medición de deformación vertical.....	40
Figura 19. Resistencia vs deformación en probetas de 15*30 cm.....	41
Figura 20. % Resistencia vs % VUS en probetas de 15*30 cm	43
Figura 21. % Resistencia vs % VUS en probetas de 15*30 cm	44
Figura 22. % Resistencia vs % VUS en probetas de 15*30 cm	45
Figura 23. % Resistencia vs % VUS rectas de mejor aproximación.....	46
Figura 24. % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia	47
Figura 25. % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia	48
Figura 26. % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia	49



Figura 27. % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia	49
Figura 28. Agrupación de % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia	50
Figura 29. Relación general de % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia	51



RESUMEN

Los ensayos no destructivos con fines de evaluar el concreto en general y, en específico de los pavimentos rígidos está cobrando relevancia en las últimas décadas, básicamente por el menor tiempo de evaluación, gran cantidad de mediciones y la inalterabilidad de las estructuras evaluadas.

Uno de los objetivos de esta evaluación son las micro fisuras que ocurren cuando se les aplica carga a los elementos estructurales, una de estas cargas provoca compresión, la manifestación de la falla es a través de una fisura, pero, tal como se manifiesta en los ensayos de compresión del concreto, esta es la fase final de la falla. La premisa de este trabajo de investigación indica que antes de dicha fisura hay una progresión de micro fisuras hasta llegar a este estado.

A la aplicación de carga, a partir de las micro fisuras de fábrica del concreto, se genera una zona de proceso de micro fisura, en donde las tensiones se magnifican sobre todo el borde la misma, tal que, al vencer la energía específica del conjunto concreto, sobre todo en la zona de contacto pasta – agregado, se inicia la micro fisura.

Conocer la relación entre la aplicación de la carga y la evolución de la micro fisura es importante para poder monitorear en qué grado de deterioro se puede encontrar un concreto y ello se puede evaluar mediante la velocidad de ultrasonido con equipo de medición en medios no metálicos.

Los resultados de laboratorio indican que si es posible encontrar una ecuación que indique la evolución de las micro fisuras, esta ecuación indica tres zonas de evolución: la primera hasta el orden del 60% de aplicación de la carga de falla en donde se genera el 14% de micro fisuras; una segunda zona de entre el 60% y 90% en donde el crecimiento es notorio, llegando al 40% de micro fisuras, en esta zona se produce la generalización de dichas micro fisuras; y una zona final de falla desde el 90% de aplicación de carga, esta zona es de falla y generación de macro fisuras.



Palabras clave: Ultrasonido, velocidad de ultrasonido, microfisuras, energía específica, zona en proceso de fractura, energía de fractura, atenuación de onda, resistencia del concreto, resistencia de falla, multiescala del concreto.



ABSTRACT

Non-destructive testing for the purpose of evaluating concrete in general and, specifically, rigid pavements, has gained relevance in recent decades, basically due to the shorter evaluation time, large number of measurements, and the inalterability of the evaluated structures.

One of the objectives of this evaluation are the microcracks that occur when load is applied to the structural elements, one of these loads causes compression, the manifestation of the failure is through a crack, but as it is manifested in the tests concrete compression, this is the final phase of failure, the premise of this research work indicates that before said crack there is a progression of micro cracks until reaching this state.

Upon application of load, from the microcracks of the concrete factory, a microcrack process zone is generated, where the stresses are magnified over the entire edge of the same, such that, when the specific energy of the concrete set is overcome, especially in the paste-aggregate contact area, the microcrack begins.

Knowing the relationship between the application of the load and the evolution of the microcrack is important to be able to monitor the degree of deterioration in a concrete and this can be evaluated by means of the ultrasound speed with measuring equipment in non-metallic media.

The laboratory results indicate that if it is possible to find an equation that indicates the evolution of the microcracks, this equation indicates three zones of evolution, the first up to the order of 60% application of the failure load where the 14 is generated. % microcracks; a second zone of between 60% and 90% where the growth is notorious, reaching 40% of microcracks, in this zone the generalization of said microcracks occurs; and a final zone of failure from 90% of load application, this zone is of failure and generation of macro cracks.



Keywords: Ultrasound, ultrasound speed, microcracks, specific energy, area in the process of fracture, fracture energy, wave attenuation, concrete strength, fault resistance, multiscale of concrete.



INTRODUCCION

El concreto es un material de larga data en uso y está directamente ligado al desarrollo de la humanidad, como material tiene estados desde el cuasi líquido en el momento de su fabricación hasta un estado muy sólido y de resistencia variable de acuerdo al diseñador.

Este material es usado en pavimentos rígidos gracias a su elevado módulo de elasticidad, que usualmente hace que se le pueda emplazar directamente sobre la subrasante o sub base solo con fines de evitar gradientes de temperatura por encima y por debajo del pavimento o losa de concreto.

Por otro lado, se tiene que la naturaleza del tránsito en los pavimentos es caracterizada por dos aspectos desde el punto de vista de la presente investigación, el primero es la variación del mismo desde vehículos pequeños hasta vehículos pesados; el segundo referido a las cargas dinámicas y cíclicas sobre el pavimento rígido.

Estas cargas hacen que el pavimento esté en constantes esfuerzos de compresión en la zona superior y flexión en la zona inferior, el resultado final de este constante proceso hace que se fatigue el concreto y al final se observe la falla como una fisura o grieta visible a simple vista.

Lo que se observa es la manifestación final de la falla, para llegar a ella el concreto desde su estado inicial ha sufrido un proceso de acumulación y evolución de micro fisuras ya sea por repetición de la misma carga o por cargas que han excedido su capacidad de soporte. Por lo que el presente trabajo pretende averiguar cómo se da esta evolución de micro fisuras por compresión, desarrollado de la siguiente forma:

El Capítulo I, presenta la formulación, objetivos, justificación, hipótesis y las variables de estudio. Se toma como premisa de investigación que antes de dicha fisura hay una progresión de micro fisuras hasta llegar a este estado.

El marco teórico, presentado en el Capítulo II, incluye los antecedentes, referentes teóricos y el marco conceptual de establecen un soporte conceptual para la finalidad de la investigación.



En el Capítulo III, se desarrolla los métodos, tipología, nivel y diseño de investigación.

Los resultados y análisis se desarrollan en el Capítulo IV, presenta discretización por resistencias para un enfoque adecuado.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones conforme los resultados de la investigación, así como los anexos y las referencias bibliográficas.



CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Exposición de la Situación Problemática

En general los pavimentos rígidos y flexibles adolecen proceso gradual de deterioro producto de las cargas dinámicas repetidas del tránsito, de los agentes climáticos y también del mal proceso constructivo.

En ese contexto, encontramos con mayor incidencia programas, procedimientos y hasta manuales de conservación y mantenimiento vial orientados principalmente a los pavimentos afirmados y flexibles, también para este fin se cuenta con equipos desde los más simples como vigas de Benkelman y rugosímetros de uso manual hasta los de última generación que incluyen evaluación de estos pavimentos con tecnología de medición laser y de procesamiento automáticos y computarizados.

En lo que respecta a los pavimentos rígidos, aunque se tienen los mismos equipos no se logra comprender el proceso de deterioro porque a diferencia de los flexibles estos presentan falla frágil y ello ocurre de manera repentina sin dar mayores signos de deterioro previos que permitan a tiempo tomar medidas de control.

Las macro fisuras en el concreto aparecen cuando se aplica la resistencia última, previo a ellas se producen las micro fisuras y es necesario determinar en qué grado de la resistencia última se producen y cómo evolucionan hasta la resistencia final.



Por otra parte, se tiene la naturaleza dinámica del pavimento donde cada eje de un vehículo le origina una carga al pavimento y este en forma cíclica y con cargas máximas de vehículos pesados definitivamente le origina fatiga y la fatiga en estas estructuras se manifiestan como fisuras.

El problema está orientado a establecer una relación entre la evolución de las fisuras la aplicación de la carga con fines de establecer el grado deterioro a priori a la aparición final de la falla.

Complementa la problemática la evaluación rutinaria y periódica, y no esperar que estas se manifiesten y por ende ya se pueda realizar tratamiento para poder tomar decisiones de rehabilitación oportuna.

El análisis de las micro fisuras por compresión en el concreto pretende ser una ayuda para entender el proceso de deterioro de los pavimentos de concreto, sobre todo la relación entre las micro fisuras y las macro fisuras.

El mantenimiento periódico y rehabilitación de los pavimentos rígidos necesita de herramientas rápidas para su evaluación, de fácil operación y que estén al alcance rápido de las entidades de evaluación de pavimentos. El análisis de las micro fisuras por compresión en el concreto pretende ser una ayuda para entender el proceso de deterioro de los pavimentos de concreto, sobre todo la relación entre las micro fisuras y las macro fisuras.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la relación entre el porcentaje de aplicación de la última carga y la propagación de las micro fisuras?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿En qué porcentaje de la resistencia final del concreto se inician las micro fisuras?
- b) ¿En qué porcentaje de la resistencia final a compresión las micro fisuras se generalizan en el concreto?
- c) ¿En qué porcentaje de la resistencia última se produce la transición de micro fisura a macro fisura?

1.3 Justificación de la Investigación

En el proceso de evaluación del estado de deterioro de un pavimento rígido se tiene ensayos como el deflectómetro de impacto FWD, el cual es de alto costo, sólo se encuentra en la ciudad de Lima y el número de equipos es muy limitado, este equipo brinda condición estructural del sistema subrasante y losa de concreto.

Sin embargo, con fines de evaluar en forma periódica se hace necesario contar con otros tipos de evaluaciones que estén a disposición continua de los operadores de mantenimiento.

Por ello, el presente trabajo de investigación pretende aportar comprendiendo como es el progreso de la falla por compresión en el concreto desde el estado de reposo sin carga hasta cuando aparecen las macro fisuras y de esta manera aportar en el diagnóstico de rehabilitación de pavimentos rígidos.

1.4 Objetivos de la Investigación:

1.4.1 Objetivo general

Analizar cómo se desarrollan las micro fisuras hasta llegar a macro fisura en función de la aplicación de porcentajes de la carga de rotura en el concreto de los pavimentos rígidos.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Establecer en qué grado de aplicación de la carga final se originan las micro fisuras.



- b) Establecer en qué etapa de resistencia ocurre la generalización de las micro fisuras.
- c) Establecer en qué porcentaje de la resistencia última ocurre la transición de micro a macro fisura.

1.5 Hipótesis y Variables:

1.5.1 Hipótesis general:

Existe una relación entre el porcentaje de aplicación de la carga última y la propagación de las micro fisuras.

1.5.2 Variables

Variables independientes

- Diseño y calidad del concreto.
- Resistencia final.
- Porcentaje de aplicación de la carga.

Variables dependientes

- Micro fisuras inicial de diseño.
- Propagación de micro fisuras.
- Inicio de macro fisuras.

Indicadores

- Velocidad de propagación de las ondas de ultrasonido.
- Aparición de macro fisuras.

1.5.3 Operacionalización de las Variables:

Tabla 1.

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Micro fisuras inicial en el concreto	En el proceso de fraguado del concreto, puntualmente en la retracción hidráulica, ante un deficiente curado.	• Proceso de fabricación estándar • Control de temperatura • Control de curado	Resistencia a la compresión f'_c del concreto. Evaluación inicial de la velocidad de propagación de ondas de ultrasonido.
Propagación de micro fisuras	Las micro fisuras pasan a macro fisuras conforme se aplica la fuerza de compresión, así como también por fatiga, se producen en la interacción entre la cohesión del cementante y la fuerza aplicada.	• Porcentajes de carga última a aplicar. • Incremento de micro fisuras.	Cargas aplicadas con equipo de compresión. Evaluación de la velocidad de propagación de ondas de ultrasonido.
Inicio de macro fisuras	Las macro fisuras son las que casi al final de la resistencia del concreto aparecen en superficie	• Control de aparición de fisuras en superficie de testigo de concreto.	Medición de fisuras de compresión en superficie.

Nota: Elaboración propia



CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes de la Investigación

Para enfocar el tema de investigación se trata primero las causas generales que puede causar fisuras en el concreto en estado fresco y endurecido, en base y como referencia al documento técnico ACI 224R-01 en donde se exponen con claridad estas causas.

En la revisión de la literatura del tema de investigación, se han realizado investigaciones para el concreto en general, puntualmente referido a los pavimentos rígidos no encontraron bibliografías e infografías.

2.1 Marco Teórico Inicial

2.1.1 A nivel general

En los esfuerzos de compresión en el concreto la respuesta macroscópica (diagrama esfuerzo - deformación) de una probeta de concreto sometida a un acortamiento creciente o esfuerzos de compresión de forma monótona es una consecuencia de la evolución del material en el micro nivel. La progresiva micro fisuración se debe a concentraciones de esfuerzos de tensión debidas a la propia heterogeneidad del material, formado por partículas de agregado embebidas en una matriz de cemento.

Zanuy (2008), indica que la aparición de microgrietas, en la dirección perpendicular a la principal de compresión en la que es cargada la probeta, puede ser debido a:



- Existencia de poros con micro fisuras.
- Diferencias de rigidez entre las partículas de agregado y la pasta de cemento.
- Pérdidas de contacto en la interface agregado – pasta.
- Zonas de deslizamiento en la propia pasta de cemento.

Para Toriac J. (2004), las grietas y fisuras son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de tensiones superiores a su capacidad resistente. Son muchas las causas que originan esta terrible enfermedad en el hormigón, las de origen químico, principalmente atribuidas a cambios derivados por la hidratación del cemento o por la oxidación del acero de refuerzo, mientras que las de origen físico, mayoritaria por demás, obedecen a dos tipos de acciones que, aunque etimológicamente son totalmente diferentes, ambas producen cambios volumétricos significativos. Estos cambios son expansiones y contracciones, ahora bien, cuando los elementos de hormigón están restringidos, la expansión origina esfuerzos de compresión y la contracción origina esfuerzos de tracción. El hormigón es particularmente débil ante este último tipo de esfuerzo, produciendo el agrietamiento cuando este sobrepasa sus valores de resistencia.

Silva Filho y Helene (2011), sostiene que las fisuras son las manifestaciones patológicas más comunes en las estructuras de hormigón, normalmente aparecen como el resultado de los esfuerzos de tracción, los cuales el hormigón tiene dificultad para absorber. Entre los tipos de fisuras, se tienen aquellas como el resultado de los esfuerzos provocados por fenómenos térmicos o de retracción - que no traen peligro estructural, pero comprometen la estanqueidad y desempeño - y las provenientes de la falta de capacidad de la estructura en absorber tensiones, sea por subestimación de los esfuerzos durante el dimensionamiento o por la disminución de la resistencia del material, siendo estas últimas las más preocupantes.

Aggelis et al. (2010), señala que la detección oportuna de estos defectos puede evitar el rápido deterioro y prolongar la vida útil de las estructuras.

Se señala que la evaluación de estructuras normalmente se realiza a través de una inspección visual, cuyos resultados son subjetivos porque dependen de la experiencia del inspector (Rocha y Póvoas, 2017). Sin embargo, existen varios ensayos no destructivos (END) que permiten extraer información importante de las propiedades del concreto (Rehman et al., 2016). Estos ensayos normalmente son utilizados para localizar y evaluar defectos en el concreto endurecido (Lorenzi et al., 2016). Lee, Chai y Lim (2016) consideran que los métodos disponibles de evaluación de fisuras de hormigón presentan sus propias limitaciones de acuerdo al equipo y personal.

“Los equipos de ultrasonido utilizados en el concreto están diseñados para generar ondas longitudinales, también denominadas ondas sonoras” (Bungey, Millard y Grantham, 2006). Sólo las que se encuentran en el rango de frecuencia entre 20Hz y 20.000Hz son perceptibles al oído humano, ya las ondas inferiores a 20Hz se denominan infrasónicas y las ondas superiores a 20.000 Hz son denominadas ultrasónicas (Posani et al., 2017). Los resultados obtenidos por el ensayo se ven afectados por diversos factores como la distancia entre las superficies de contacto de los transductores; la presencia de armadura, principalmente en el sentido de propagación de la onda; la masa específica del concreto, que depende de la dosificación y de las condiciones del hormigonado; el tipo, la masa específica y otras características del agregado; el tipo de cemento y grado de hidratación; el tipo de vibrado, y la edad del concreto (Pacheco et al., 2014, Lorenzi et al, 2013, Mohamad et al., 2015).

2.1.2 Fisuras en estado plástico

- **Por retracción plástica**

De acuerdo al ACI 201.2R (2000), la fisuración por retracción plástica ocurre cuando está sujeto a una pérdida de humedad muy rápida provocada por una combinación de factores que incluyen las temperaturas del aire y el hormigón, la humedad relativa y la velocidad del viento en la superficie del hormigón. Estos factores pueden combinarse de



manera de provocar niveles altos de evaporación superficial tanto en clima caluroso como en clima frío. Si la humedad se evapora de la superficie del hormigón recién colocado más rápido de lo que puede ser reemplazada por el agua de exudación, el hormigón superficial se contrae. Debido a la restricción proporcionada por el hormigón debajo de la capa superficial que se seca, en el hormigón débil, plástico y en proceso de rigidización se desarrollan tensiones de tracción que provocan fisuras poco profundas, pero de profundidad variable, que pueden formar un patrón poligonal aleatorio, o bien pueden aparecer básicamente paralelas unas a otras. Estas fisuras a menudo son bastante anchas en la superficie. Su longitud varía entre pocos milímetros y más de un metro, y su separación puede ser de pocos milímetros o de hasta 3 m.

Las fisuras por retracción plástica comienzan como fisuras de poca profundidad, pero pueden convertirse en fisuras cuya profundidad abarque la totalidad de la altura del elemento. Como la fisuración por retracción plástica se debe a un cambio diferencial de volumen del hormigón, las medidas de control para ser exitosas, requieren reducir el cambio diferencial de volumen entre la superficie y otras partes del hormigón (Barlow, 1994).

- **Por precipitación de agregado**

“Luego de su colocación inicial, vibrado y el acabado, el hormigón tiende a continuar consolidándose. Durante este período el hormigón plástico puede estar restringido por las armaduras, por una colada previa de hormigón o por los encofrados. Estas restricciones localizadas pueden provocar vacíos y/o fisuras adyacentes al elemento que impone la restricción. Si está relacionado con las armaduras, la fisuración por asentamiento de los agregados aumenta a medida que aumenta el tamaño de las barras, que aumenta el asentamiento del hormigón y disminuye el recubrimiento” (Dakhil et al., 1975).

2.1.3 En estado endurecido

- **Retracción por secado**

Una causa habitual de la fisuración del hormigón es la restricción de la retracción por secado. La retracción por secado es provocada por la pérdida de humedad de la pasta cementicia, la cual se puede contraer hasta un 1 %. Por fortuna, los agregados proveen una restricción interna que reduce la magnitud de este cambio de volumen a aproximadamente 0.06 %. Cuando se humedece el hormigón tiende a expandirse. Estos cambios de volumen inducidos por los cambios de humedad son una característica propia del hormigón. Si la retracción del hormigón se produjera de manera no restringida el hormigón no se fisuraría. Es la combinación de la retracción y la restricción (generalmente proporcionada por otra parte de la estructura o por la subrasante) lo que provoca el desarrollo de tensiones de tracción. Cuando se supera la resistencia a la tracción del hormigón éste se fisura. Las fisuras se pueden propagar a tensiones mucho menores que las requeridas para provocar el inicio de la fisuración. En los elementos de hormigón masivo hay tensiones de tracción provocadas por la retracción diferencial entre el hormigón de la superficie y el hormigón del interior de la masa. La mayor retracción de la superficie provoca el desarrollo de fisuras, que con el tiempo pueden penetrar más profundamente hacia el interior del hormigón (ACI 201.2R, 2001).

- **Por origen térmico**

Las diferencias de temperatura dentro de una estructura de hormigón pueden ser provocadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades, o por condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura hasta una mayor temperatura o con una mayor velocidad que otra. Estas diferencias de temperatura ocasionan cambios diferenciales de volumen. Si las tensiones de tracción provocadas por los cambios diferenciales de volumen supera la capacidad de deformación por tracción del hormigón, éste se fisurará. Los diferenciales de temperatura provocados por diferentes tasas de disipación del calor de hidratación del cemento normalmente sólo afectan al hormigón masivo (que puede incluir columnas, estribos, vigas y zapatas, además de

presas), mientras que los diferenciales de temperatura provocados por cambios de la temperatura ambiente pueden afectar a cualquier estructura (Donini y Orler, 2016).

- **Por reacciones químicas**

Según el ACI 201.2R (2001), algunas reacciones químicas pueden provocar la fisuración del hormigón. Estas reacciones pueden ser a causa de los materiales utilizados para preparar el hormigón, o de los materiales que están en contacto con el hormigón una vez endurecido. Con el paso del tiempo el hormigón se puede fisurar como resultado de reacciones expansivas de desarrollo lento producidas entre los agregados que contienen sílice activa y los álcalis derivados de la hidratación del cemento, aditivos o fuentes externas (por ejemplo, el agua usada para el curado, el agua freática, las soluciones alcalinas almacenadas o empleadas en la estructura terminada). La reacción álcali – sílice provoca la formación de un gel expansivo que tiende a extraer agua de otras partes del hormigón. Esto provoca expansiones locales junto con las correspondientes tensiones de tracción, y eventualmente puede provocar el deterioro total de la estructura.

Ciertas rocas carbonatadas participan en reacciones con los álcalis; en algunas ocasiones estas reacciones producen expansión y fisuración. Estas reacciones álcali-carbonato perjudiciales generalmente están asociadas con calizas dolomíticas y arcillosas que tienen una estructura granular muy fina (criptocristalina). El hormigón afectado se caracteriza por un patrón de fisuración en red. Esta reacción se distingue de la reacción álcali-sílice por la ausencia de depósitos superficiales de gel de sílice en las fisuras. El problema se puede minimizar evitando los agregados reactivos, diluyendo con agregados no reactivos, utilizando un menor tamaño máximo de agregado y utilizando cemento de bajo contenido de álcalis (ACI 201.2R, 2001).

Las aguas sulfatadas representan un problema para el hormigón desde el punto de vista de su durabilidad. Los sulfatos que penetran en la pasta cementicia hidratada entran en contacto con el aluminato de calcio hidratado. Se forma un sulfoaluminato de calcio, con el

consiguiente aumento de volumen, que provoca elevadas tensiones de tracción localizadas, que a su vez provocan el desarrollo de fisuras poco separadas y un deterioro generalizado del hormigón. Los cementos portland de bajo contenido de aluminato tricálcico pueden reducir la gravedad del problema (ACI 201.2R, 2001).

2.1.4 Meteorización

Los procesos de meteorización que pueden provocar fisuración, incluyen el congelamiento, deshielo, humedecimiento, secado, calentamiento y enfriamiento. En general la fisuración provocada por los procesos naturales de meteorización es conspicua, y puede dar la impresión de que el hormigón está a punto de desintegrarse, aun cuando el deterioro no haya progresado mucho debajo de la superficie. Los daños provocados por los ciclos de congelamiento y deshielo representan el deterioro físico más habitual relacionado con las condiciones meteorológicas. Tanto el congelamiento del agua de la pasta como el congelamiento del agua en los agregados, o ambos fenómenos, pueden dañar el hormigón (Powers, 1975).

Los daños en el hormigón endurecido provocados por el congelamiento se deben al movimiento del agua hacia los sitios de congelamiento y a la presión hidráulica generada por el crecimiento de cristales de hielo (Powers, 1975).

Las partículas de agregado están rodeadas por pasta cementicia que impide que el agua escape rápidamente. Cuando las partículas de agregado están por encima de un grado crítico de saturación, la expansión del agua absorbida durante el congelamiento puede fisurar la pasta cementicia circundante o dañar el propio agregado (Callan, 1952; Snowdon y Edwards, 1962).

2.1.5 Por corrosión de armadura

Según el ACI 201.2R (2001), la corrosión de un metal es un proceso electroquímico que requiere un agente oxidante, humedad y flujo de electrones dentro del metal; se producen una serie de reacciones químicas en la superficie del metal y cerca de la misma.

La clave para proteger un metal contra la corrosión es detener o invertir las reacciones químicas. Esto se puede lograr cortando los suministros de oxígeno o humedad, o proveyendo un exceso de electrones en los ánodos para impedir la formación de los iones metálicos (protección catódica). El acero de las armaduras del hormigón generalmente no se corroe ya que en el ambiente altamente alcalino se forma un recubrimiento de óxido protector, fuertemente adherido al acero. Esto se conoce como protección pasiva. Sin embargo, el acero de las armaduras se puede corroer si la alcalinidad del hormigón se reduce por carbonatación o si la pasividad de este acero es destruida por iones agresivos (generalmente cloruros). La corrosión del acero produce óxidos e hidróxidos de hierro, cuyo volumen es mucho mayor que el del hierro metálico original (Verbeck, 1975).

Tal incremento de volumen ocasiona tensiones radiales de estallido alrededor de las barras de armadura, y la consiguiente aparición de fisuras radiales localizadas.

2.1.6 Por prácticas constructivas inadecuadas

Existe una gran variedad de prácticas constructivas inadecuadas cuyo resultado puede ser la fisuración del hormigón. Entre ellas la más habitual es la costumbre de agregarle agua al hormigón para mejorar su trabajabilidad. El agua agregada reduce la resistencia, aumenta el asentamiento y aumenta la retracción por secado. Si esta práctica se combina con el uso de un mayor contenido de cemento para contrarrestar la reducción de la resistencia, el aumento del contenido de agua significará un aumento del diferencial de temperatura entre el interior y el exterior de la estructura, cuyo resultado será un aumento de las tensiones térmicas y posiblemente, fisuración. Si se agrega cemento, aun manteniendo constante la relación agua-cemento, habrá más retracción porque aumentará el volumen relativo de pasta. La falta de curado aumentará el grado de fisuración de una estructura de hormigón. Terminar el curado antes de tiempo permitirá mayor retracción en un momento en el cual el hormigón aún tiene baja resistencia. La falta de hidratación del cemento, debida al secado, resultará no sólo en una disminución de la resistencia a largo plazo sino también en una reducción de la durabilidad de la estructura. (Barlow, 1993).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Fisuras por compresión

Las fisuras de compresión axial o compresión simple provocan diferentes formas de fisuración, según la esbeltez del elemento y el grado de restricción transversal que tengan en sus extremos. Ambos efectos se observan en los ensayos de laboratorio (Toriac J., 2004).

Según Toriac J. (2004), si no existe rozamiento alguno entre las caras de la probeta y los platos de la prensa (muy difícil de lograr) la compresión pura ejercida la rompe produciendo fisuras paralelas a la dirección del esfuerzo. Si hay rozamiento, el esquema de fisuración cambia.

Por otro lado, el agrietamiento también se vincula con el proceso de fractura o falla, ya que la fractura es considerada como un continuo proceso de propagación de microgrietas internas que al nuclearse forman una grieta mayor, prosiguiendo con una macrofractura estructural hasta dar origen a la falla (Shaowei, et al., 2013). Lo cual resulta impredecible debido a las propiedades de los materiales de composición y su compleja estructura.

La respuesta macroscópica de una probeta de concreto sometida a un acortamiento creciente o esfuerzos de compresión de forma monótona es una consecuencia de la evolución del material en el micro-nivel. La progresiva microfisuración se debe a concentraciones de esfuerzos de tensión debidas a la propia heterogeneidad del material, formado por partículas de agregado embebidas en una matriz de cemento. La aparición de microgrietas en la dirección perpendicular a la principal de compresión, en la que es cargada la probeta (Zanuy, 2008), puede ser debido a la existencia de poros con microfisuras, a las diferencias de rigidez entre las partículas de agregado y la pasta de cemento, a las pérdidas de contacto en la interface agregado-pasta o a las zonas de deslizamiento en la propia pasta de cemento (Crespo S., 2017).

Se dice que la fenomenología del proceso de degradación ante carga en el concreto incluye micro agrietamientos en el mismo, los cuales se mantienen estables hasta aproximadamente el 30% de la carga final, sin embargo, con el análisis del agrietamiento en concreto a través de la técnica de emisiones acústicas a porcentajes mayores a ésta, estos agrietamientos comienzan a incrementar en número, longitud y ancho. A esta etapa se le conoce como de propagación lenta del agrietamiento. Sin embargo, cuando la carga aplicada alcanza entre el 70 y el 90% de la carga final, las grietas se propagan a través de la pasta de cemento y se unen con las grietas de adherencia, formando patrones continuos de agrietamiento, en una etapa rápida de propagación de agrietamientos, hasta alcanzar la falla en el material (Neville A., 1999).

2.2.2 El ultrasonido

Las pruebas tradicionales de resistencia del concreto se practican sobre especímenes especialmente preparados que, por su forma, no son verdaderamente representativos del concreto de la estructura real. Prueba de esto es que el grado de compactación del concreto de la estructura no se refleja en los resultados de la prueba de resistencia, y no es posible determinar si la resistencia potencial de la mezcla, como lo indica la prueba del cilindro o del cubo, se ha desarrollado en realidad. Ciertamente es posible cortar una muestra de la misma estructura, pero esto da necesariamente como resultado el daño al elemento afectado; además, este procedimiento es demasiado costoso para aplicarlo como método estándar (Céspedes, 2013).

El pulso vibratorio viaja a través del miembro y es detectado por un transductor de recepción juntado a la superficie opuesta del concreto. Cuando se recibe el pulso, el temporizador electrónico se da vuelta y se visualiza el tiempo transcurrido del recorrido. La longitud de camino directa entre los transductores se divide por el tiempo del recorrido para obtener la velocidad del pulso a través del concreto. Es también posible medir la atenuación del pulso ultrasónico pues viaja del transmisor al receptor (Teodoru, 1988).

La velocidad de los pulsos de ultrasonido que viajan en un material sólido depende de la densidad y las características elásticas del material. La calidad de algunos materiales se relaciona a veces con su tiorura elástica, entonces la medida de la velocidad del pulso de ultrasonido en tales materiales a menudo indicará su calidad, así como determinará sus características elásticas. Los materiales que se pueden evaluar de esta manera incluyen, en particular, concreto y madera, pero excluyen los metales.

Esto puede ser mostrado como la velocidad de un pulso de ultrasonido de vibraciones longitudinales viajando en un sólido elástico, el cual viene dado por:

$$V = \sqrt{\left(\frac{E}{P} * \frac{(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 + 2\mu)} \right)}$$

Donde:

E = Módulo Elasticidad Dinámico.

P = Densidad

μ = Razón de Poisson

La ecuación antedicha puede ser considerada para aplicarse a la transmisión de pulsos longitudinales a través de un sólido de cualquier dimensión o tamaño, proporcionado a la menor dimensión lateral (es decir la dimensión medida perpendicular al camino viajado por el pulso) es menor que la longitud de onda de las vibraciones del pulso. La velocidad del pulso no es afectada por la frecuencia del pulso, entonces, la longitud de onda de las vibraciones del pulso es inversamente proporcional a esta frecuencia. Así la velocidad del pulso dependerá generalmente sólo de las características de los materiales, por tanto, las medidas de esta velocidad, lograrán ser calculadas o valoradas a partir de la condición del material (Céspedes, 2003).

Según Mabuza et al. (2012), destacó la necesidad de métodos de prueba ultrasónicas para el estudio de los problemas de la Mecánica de Fractura, teniendo en cuenta las fallas en



las placas de acero. Fue realizada una simulación computacional de la propagación de defectos en una integración numérica de la ecuación de Paris. Además, fueron presentados los resultados teóricos y experimentales para ambos tópicos; la mecánica de fractura y las disciplinas de ensayo ultrasónicas. Finalmente, se llegó a la conclusión que ambas disciplinas son complementarias y se influyen mutuamente.

Yuan et al. (2006), mostraron un método para la medición de la vida remanente de un puente de acero de acuerdo al enfoque de la mecánica de fractura. Se incluyó un proceso de inspección ultrasónica de un elemento de la estructura de acero y se utilizaron datos medidos in-situ para corregir los datos analógicos a fin de aumentar la precisión de cálculo. Dicho método de medición constó de siete etapas: la modelación estructural del puente, corrección de la modelación mecánica, modelado de la carga de tráfico, corrección de la carga de tráfico, inspección ultrasónica, el modelado del elemento inspeccionado con mecánica de fractura y la evaluación técnica de la estructura del puente.

A nivel internacional, el trabajo presentado por Rojas Reyes (2010), Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil en su Tesis que lleva por nombre determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro, que realizó para obtener el título como Ingeniero Civil, en la Región de Xalapa, México, llegó a la conclusión que existe correlaciones entre el ensayo destructivo a compresión simple y los no destructivos.



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de Investigación

Método deductivo, mediante la revisión y discretización del marco teórico, la estandarización y normativa del resistencia y calidad del concreto y la teoría de la velocidad de ultrasonido en concreto, para llegar a determinar la evolución de las micro fisuras en el mismo.

3.2. Tipología de la Investigación

Investigación experimental, con el uso y manipulación de las variables independientes sobre las variables dependientes, motivo de la investigación del presente trabajo.

3.3. Nivel de Investigación

Investigación exploratoria, trataremos de interpretar el porcentaje de carga y la velocidad del ultrasonido, así como determinar la relación de estos parámetros.

3.4. Diseño de Investigación

La definición del problema, objetivos, tipología de la investigación, así como la hipótesis del presente trabajo de investigación fue detallada en los ítems precedentes de este proyecto de investigación.



Las muestras se preparan controlando la calidad de los agregados para la fabricación del concreto, se elabora un diseño de mezclas a una resistencia promedio estructural de 210 kg/cm² a los 28 días de edad del concreto, con ella se realizan ensayos de compresión con incrementos del 25%, hasta llegar a la resistencia de diseño y falla del testigo de concreto, para ello se elaboran como mínimo 50 probetas para dicha evaluación.

Para evaluar la velocidad de las ondas de ultrasonido se empleará precisamente un equipo de ultrasonido y para evaluar la resistencia a la compresión una máquina de compresión automática, para ello se cuenta con las verificaciones y calibraciones de los equipos de medición.

Una vez aplicado el porcentaje de la carga, se procede a evaluar la velocidad de ultrasonido en cada espécimen y se registra estos valores.

Con ellos mediante análisis de regresión se analizará los datos y se pretende establecer una correlación entre la aplicación de la carga y la propagación de las micro fisuras.

Para detectar la aparición de macro fisuras se utilizará una cámara de alta resolución y se evaluará en el momento de la carga y posterior a la carga.

3.5. Población

La población del estudio está constituida por el total de los pavimentos rígidos que existen en el medio, así como los nuevos pavimentos de concreto rígido que se proyecten construir.

3.6. Muestra

La muestra será como mínimo 50 probetas elaboradas y acondicionadas para los ensayos de compresión y para evaluar la velocidad de ultrasonido, cuyo tamaño será de 6" de diámetro por 12 de altura y de 4" de diámetro por 8 de altura.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Concreto

En la investigación se ha elaborado concreto con resistencias aproximadas a 200, 300 y 400 kg/cm² para tener rangos de comportamiento, entre probetas de 15*30 y de 10*20 cm., diámetro y altura respectivamente, estas corresponden en forma aproximada a:

Tabla 2.

Descripción de resistencias de concreto elaboradas

Testigos de concreto	
f'c 1	200
f'c 2	300
f'c 3	400

Nota: Elaboración propia

Respecto a la dosificación del concreto este se realizó por el método convencional básicamente en referencia al método ACI, los agregados son de la cantera de la quebrada La Poderosa y el cemento utilizado es de Yura S.A., el agua es potable y no se utilizó aditivos que modifiquen las condiciones de fraguado y alguna propiedad física del concreto.

Se detalla a continuación las propiedades principales de los agregados utilizados:

Tabla 3.

Propiedades de los agregados

		Agregado fino	Agregado grueso
Peso unitario máximo	(g/cm ³)	1.82	1.58
Peso unitario mínimo	(g/cm ³)	1.63	1.42
Absorción	(%)	2.1	1.6
Abrasión	(%)	20	18
Equivalente de. Arena	(%)	97	-
Azul de metileno		6	-
Caras fracturadas	(%)	-	89/55
Part. Chatas y alargadas	(%)	-	10

Nota: Elaboración propia

Las probetas son sometidas a un proceso normal de curado, por 28 días, se tuvo especial cuidado en esta etapa debido a que la micro estructura del concreto de inicio sea uniforme previo al inicio de los ensayos de compresión y medida de velocidad de ultrasonido, cabe indicar que las probetas de 15*30 se acondicionan para ser sometidos a ensayo.

La propuesta inicial fue de 8 probetas cada resistencia distribuidas de la siguiente manera:

- 02 para obtener la resistencia final de falla.
- 01 para aplicar el 25% de la resistencia final.
- 01 para aplicar el 50% de la resistencia final.
- 01 para aplicar el 75% de la resistencia final.
- 01 para aplicar el 95% de la resistencia final.
- 02 para verificación y repetición de ensayo.

Como se indica más adelante, este planteamiento fue modificado como producto de la misma investigación, las probetas de 10*20 se han utilizado para control de resistencia y las de 15*30 para lectura de velocidad de ultrasonido y resistencia.

4.2. Equipo de Medición de VUS

Uno de los aspectos principales de este proceso de investigación es la veracidad y trazabilidad del equipo de medición de ultrasonido en este caso los equipos de ultrasonido en concreto tienen su propia corrección de cero, no obstante, ello es necesario corroborar la velocidad con otro equipo de medición.

Equipo de medición: ULTRASONIC DETECTOR U 5100/T-MEASUREMENT

Equipo de verificación: PUNDIT PL-200/PROCEQ

Para ello se evalúa medición en las probetas con ambos equipos, de estas mediciones efectuadas, los resultados obtenidos se debe aplicar algún análisis que nos indique la validez de las medidas, para ello se somete a un análisis t-student los resultados y se obtiene:

Tabla 4.

Análisis T-student de probetas

	ZLB U 5100	PL-200 PROCEQ
Lectura 1	4270	3245
Lectura 2	4270	4067
Lectura 3	4.294	4122

Prueba T para medias de dos muestras emparejadas:

	ZBL-U5100	PROCEQ
Media	4.278	3.81133333
Varianza	0.000192	0.24130633
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.54769771	
Diferencia hipotética de las medias	0	

Grados de libertad	2
Estadístico t	1.67078358
P(T<=t) una cola	0.11836021
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558
P(T<=t) dos colas	0.23672041
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273

Nota:

Elaboración propia

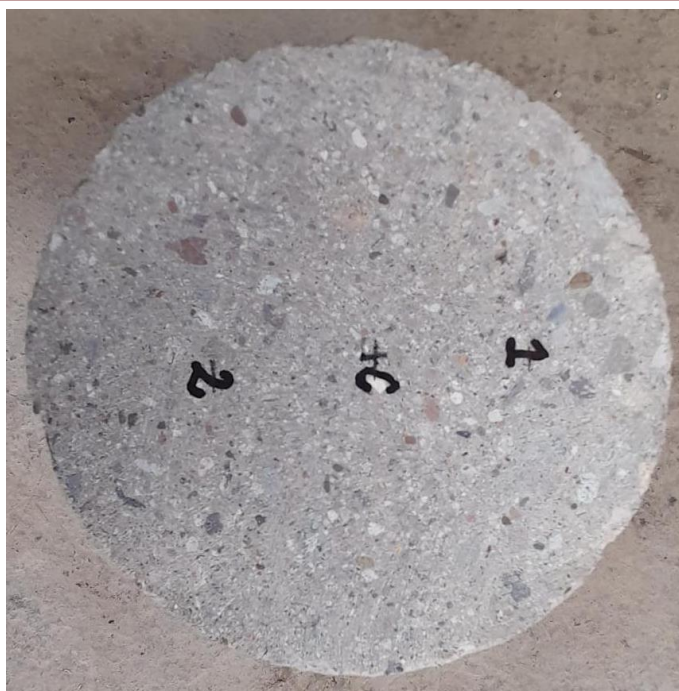
4.3. Proceso de Compresión

Como se indicó en el proceso de investigación inicial se aplicó la carga porcentual al 25, 50, 75 y 95% respectivamente de la resistencia final y en cada etapa posterior a la carga se evalúa la variación de la velocidad del ultrasonido en cada cara plana de la probeta tratando de evaluar el desarrollo de las micro fisuras.

El procedimiento de lectura se realiza en concordancia con lo indicado en la ASTM C 597, en este caso por ser elementos o testigos de tamaño estándar la ubicación se plasmó en el centro y en dos extremos como mínimo para tratar de medir en toda la sección de la probeta.

Figura 1

Base de probeta



Nota: Puntos de medición en sección de probeta (Elaboración propia).

A fin de que la aplicación de la carga sea neta sobre la sección de las probetas de ensayo estas han sido pulidas en ambos extremos, ello también garantiza el contacto neto entre los transductores de equipo de ultrasonido.

Este primer proceso de compresión es el siguiente:

- Carga de la probeta al % previo a rotura.
- Retirar la probeta de la máquina de compresión.
- Medir la velocidad de ultrasonido en la probeta en las caras planas de la probeta.

En este proceso los resultados preliminares no eran muy consistentes por el mismo proceso de medición en el rango elástico del concreto.

En una segunda etapa y en base a los resultados preliminares de ensayo se optó por adecuar las probetas de ensayo para medir en forma continua la variación de velocidad y en forma paralela a la sección de la carga, para ello se acondicionó las probetas generando una secante lateral del ancho del transductor tal como se parecía en la figura 2.

Figura 2

Acondicionamiento de probeta



Nota: Acondicionamiento lateral de la probeta, donde el área transductor de aplicación y recepción de ultrasonido hace contacto en un 100% (Elaboración propia).

En este segundo proceso de la investigación se realizó lo siguiente:

- Se carga la probeta hasta los porcentajes establecidos de 25, 50, 75 y 95%. Pero de forma continua hasta la falla de la probeta.
- Se mide en forma permanente la velocidad de ultrasonido en la zona media de la probeta acondicionada y en forma transversal a la aplicación de la carga.

4.4. Resultados de Evaluación

Para este análisis se presentarán los resultados más representativos a fin de poder generalizar los resultados.

Uno de los enfoques más buscados en estos ensayos de naturaleza no destructiva es correlacionar con la resistencia a la compresión con la velocidad de ultrasonido, en este caso ese no es el principal objetivo sino más bien establecer cómo o en qué momento se produce el incremento de micro fisuras en el interior de las probetas de concreto.

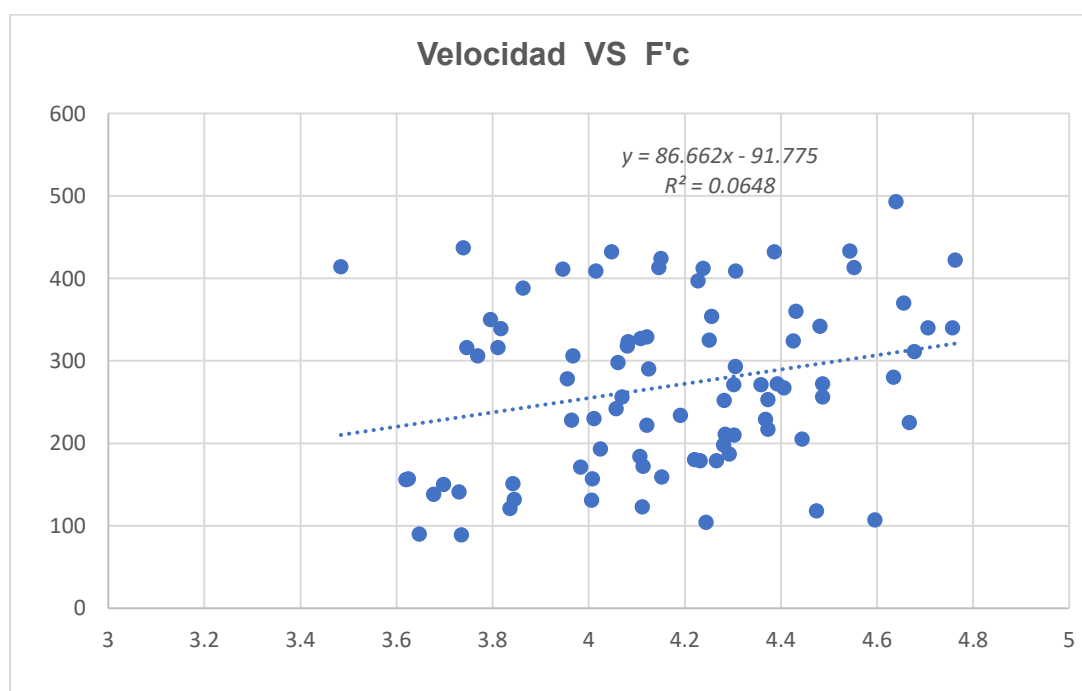
Un primer análisis corresponde a verificar la resistencia y el ultrasonido en referencia a la literatura desarrollada por los organismos afines al concreto como el ACI.

Esta evaluación se realizó en las probetas de ensayo y en otras probetas de proyectos en ejecución en la ciudad de Arequipa.

Por principio de propagación de ondas estas van por un material sólido, en este caso se observa no hay una correlación directa entre la resistencia a la compresión y la velocidad de ultrasonido, al menos en el rango de trabajo de las obras civiles, se observa mucha dispersión y se requiere de ensayos adicionales para determinar esta resistencia.

Figura 3

Velocidad de ultrasonido VS Resistencia a la compresión



Nota: Elaboración Propia

Hay una línea de tendencia muy genérica, no obstante, ello permite corroborar la característica cualitativa del ultrasonido en resistencias entre 175 kg/cm^2 y hasta 400 kg/cm^2 .

4.4.1. Ensayos con medición discontinua

Como se indicó en la fase de metodología del presente trabajo, estas mediciones por el mismo procedimiento de ensayo no permiten evaluar en forma directa la velocidad una vez aplicada la carga. En este caso, se han utilizado probetas de $10 * 20 \text{ cm}$ y han sido sometidas a este proceso discontinuo de medición.

Las figuras 4 y 5 ilustran este proceso de evaluación:

Figura 4

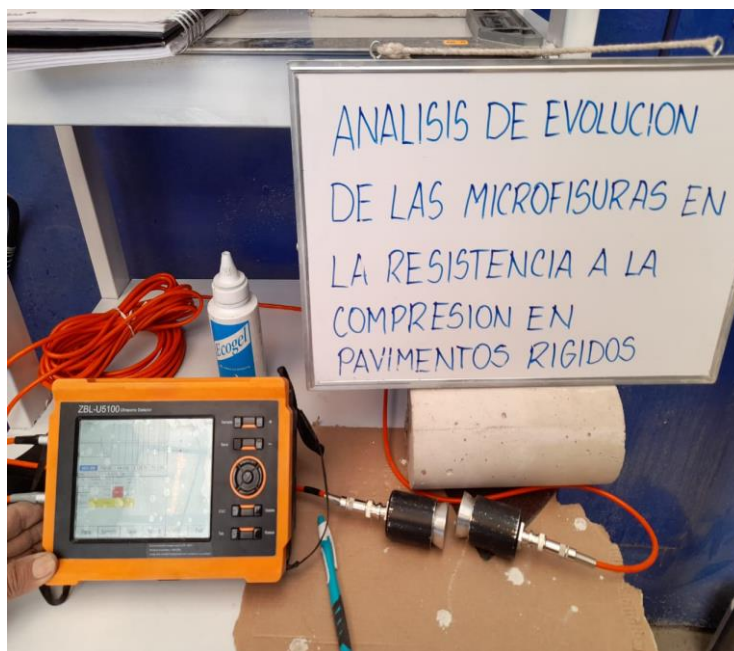
Proceso de carga y medición de VUS



Nota: Evaluación de la resistencia a la compresión de la probeta con fines de establecer la máxima resistencia y establecer los porcentajes de carga para ensayo.

Figura 5

Proceso de carga y medición de VUS



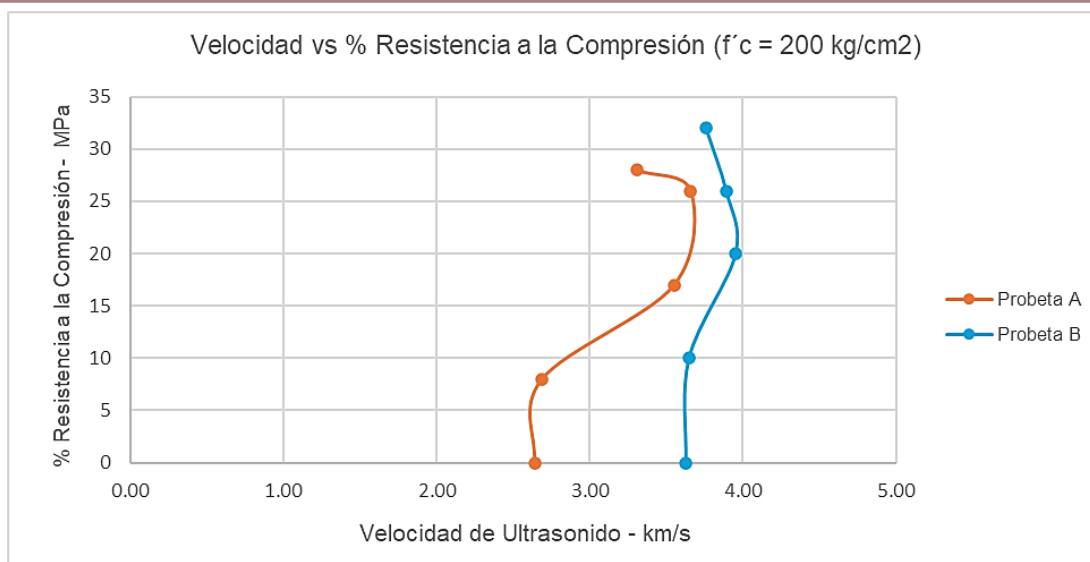
Nota: Medición de la velocidad de ultrasonido a la máxima resistencia de la probeta.

Es probable que en el rango elástico del concreto las micro fisuras que harían que disminuya la velocidad del ultrasonido se recuperen y cierran al cesar la carga de compresión por ello se observa un aparente incremento de la velocidad, esa es la tendencia general al menos en los porcentajes de carga de 25%, 50% y hasta 75%.

La revisión bibliográfica indica que aproximadamente desde el 75% de la resistencia a la compresión estas micro fisuras se generalizan y pasan a macro fisuras, pero no indican el comportamiento previo a este porcentaje de carga.

Figura 6

VUS VS % f'_c , % de carga por probeta

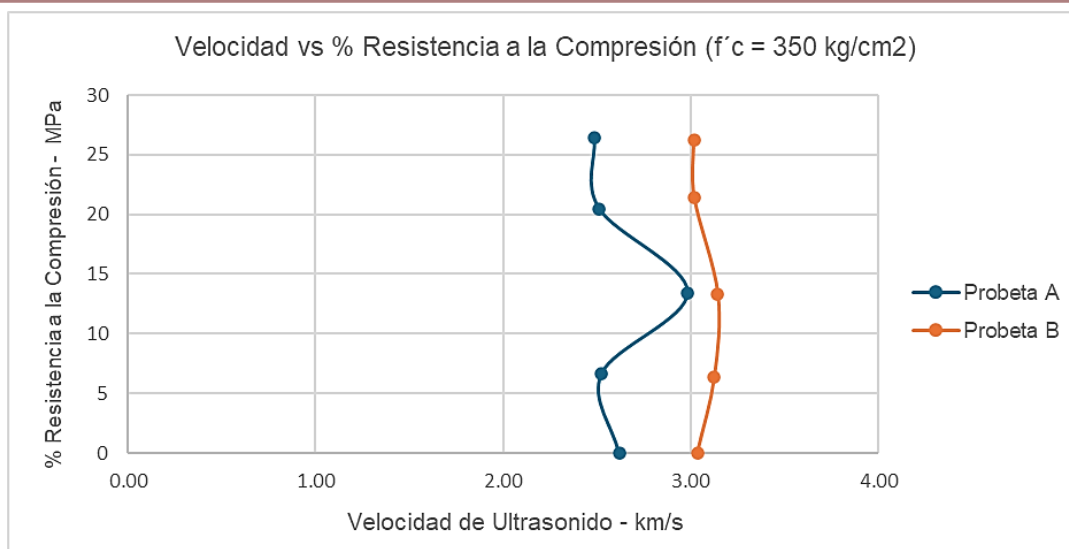


Nota: Medición en probetas individuales hasta el % de carga especificado tiene el mismo patrón de comportamiento con tendencia a decrecer la velocidad. (Elaboración propia)

A continuación, se muestra los resultados bajo el mismo procedimiento de probetas cuya resistencia final es del orden de 350 kg/cm^2 , en el grafico siguiente:

Figura 7

VUS % $f'c$, % de carga por probeta

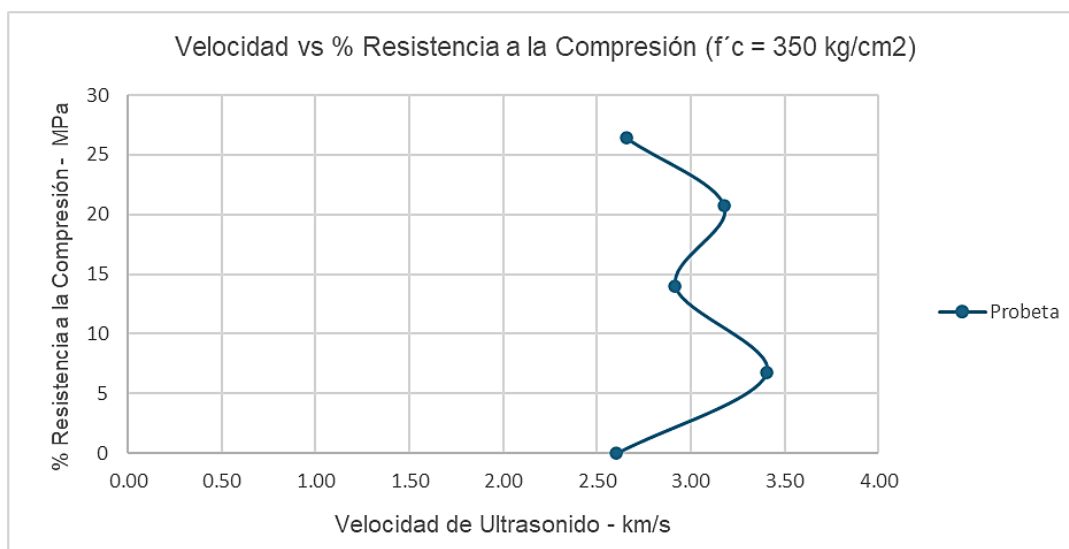


Nota: Elaboración propia.

La tendencia anterior se mantiene en esta resistencia, en algunas lecturas se incrementa notablemente la velocidad del ultrasonido, en la evaluación en probetas separadas es decir se le aplica el porcentaje de carga a una probeta por porcentaje se tiene el siguiente grafico en promedio:

Figura 8

VUS VS % $f'c$, % de carga por probeta

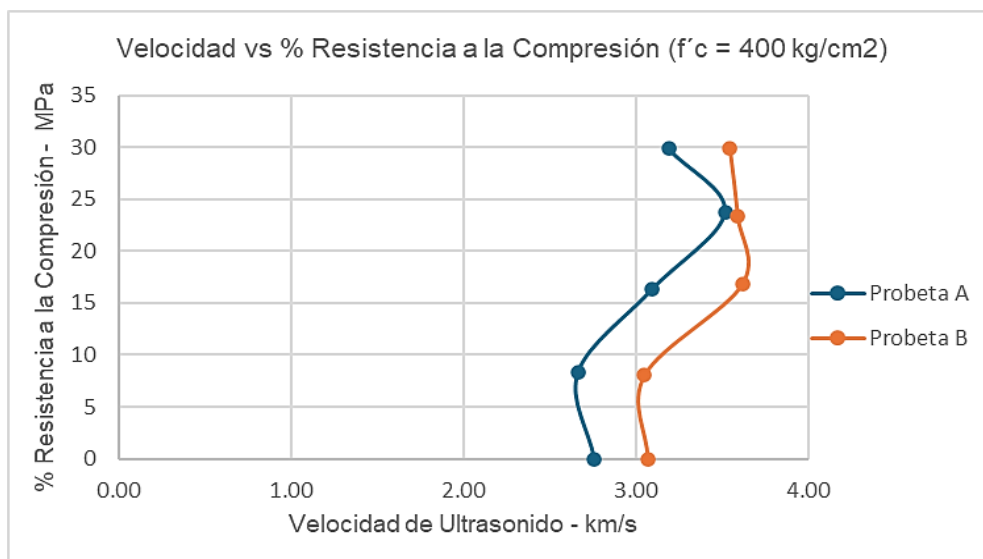


Nota: En esta resistencia al final posterior al 75% de la carga tiene a la disminución y de seguro las microfisuras ya se ha generalizado (Elaboración propia).

Para una resistencia del orden de 400 kg/cm^2 se tiene los siguientes gráficos:

Figura 9

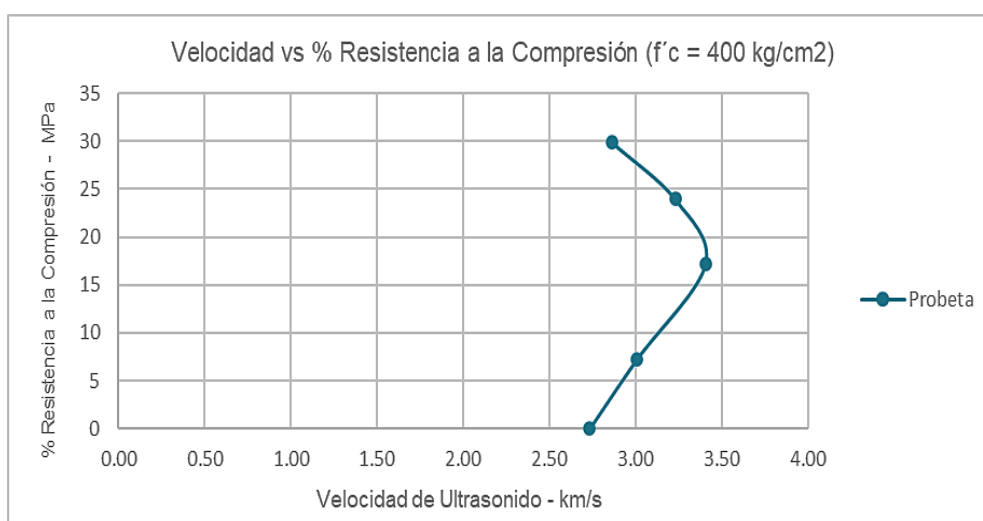
VUS VS % f'c, % de carga por probeta



Nota: Elaboración Propia

Figura 10

VUS VS % f'c, % de carga por probeta



Nota: Elaboración Propia

En general en este procedimiento los patrones de variación de la velocidad del ultrasonido independientemente de la resistencia parecen mantener una uniformidad de comportamiento. En estas condiciones de medición y a la luz de estos resultados se puede indicar lo siguiente:

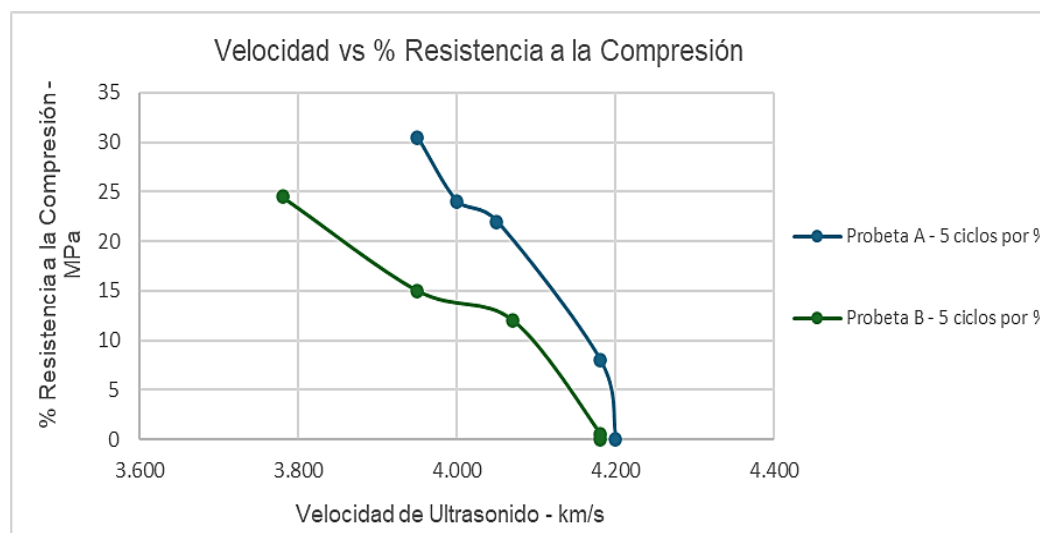
- En la medición efectuada las ondas de ultrasonido son paralelas a la aplicación de las cargas de compresión y consecuentemente a la generación de fallas y fisuras.
- Las ondas de ultrasonido se transmiten por medio sólido, creemos que al generarse micro fisuras en el mismo sentido de la carga y longitud de onda este se incrementa por la amplitud de onda en el medio sólido.

Buscando una alternativa de solución y teniendo siempre en cuenta que en bajos porcentajes de carga el concreto está en su rango elástico, se ha optado como alternativa de hacer cargas seudo cíclicas con la finalidad de que se acentúen las micro fisuras y poder realizar una medición más efectiva.

En este caso se aplica la carga al 25, 50, 75 y 95%, cinco veces en cada porcentaje y posteriormente se miden las velocidades de ultrasonido al final de cada ciclo, ello se observa en el gráfico siguiente:

Figura 11

VUS VS % f'_c, % de carga por probeta, 5 ciclos



Nota: Elaboración Propia

En este gráfico se observa que ante la repetición de carga las micro fisuras se acentúan e incrementan el tiempo de viaje de la onda, quizá sea lo más conveniente medir la propagación de fisuras con ensayos de carácter cíclico que es el que más se ajusta al comportamiento del concreto en sismo.

Como no es objetivo de este trabajo la medición en condiciones cíclicas, aún no se tiene estos equipos para grandes cargas, al menos se establece el derrotero para futuras investigaciones en caso de sismo, por ahora nos centraremos en la aplicación de la carga de compresión.

4.4.2. Ensayos de medición continua

Como se indicó anteriormente y como producto del desarrollo del propio trabajo de investigación, se modifica la forma de la evaluación para obtener en forma continua la interacción entre la aplicación continua de carga y la variación de la velocidad.

Nuevamente siguiendo la metodología propuesta se evalúa al 25, 50, 75 y 95%, ahora en forma transversal a la aplicación de la carga y a la propagación de las micro fisuras, también se evalúa el tiempo de falla como referencia de variación de las ondas de ultrasonido, en la figura 12 se aprecia el proceso de medición:

Figura 12

Proceso de carga-medición de VUS continua-tiempo



En la tabla 5 y 6 se detalla un registro típico de estos valores, los demás registros se adjuntan en el anexo correspondiente:

Tabla 5.

Registro continuo de VUS y 25% f'c

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	CARGA (Mpa)
0	4.167	0	0.00
0.29	4.130	1868	1.04
0.49	4.167	1999	1.11
0.69	4.070	2274	1.26
0.89	4.118	2362	1.31
1.09	4.667	2458	1.36
1.29	6.140	2612	1.45
1.49	4.167	2736	1.52
1.69	4.070	2998	1.66
1.89	4.070	3120	1.73
2.09	4.545	3265	1.81
2.29	4.268	3406	1.89
2.49	4.070	3549	1.97
2.69	4.167	3838	2.13
2.89	4.070	3938	2.19
3.09	4.217	4100	2.28
3.29	5.645	4228	2.35
3.49	4.430	4371	2.43
3.69	4.217	4494	2.49
3.89	3.977	4790	2.66
4.09	3.375	4990	2.77
4.29	4.167	5124	2.84
4.49	4.023	5236	2.91
4.69	3.977	5420	3.01
4.89	4.070	5570	3.09
5.09	4.231	5896	3.27
5.29	4.188	6069	3.37

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	CARGA (Mpa)
5.49	3.933	6247	3.47
5.69	4.070	6407	3.56
5.89	4.070	6599	3.66
6.09	5.730	6783	3.76
6.29	5.645	6979	3.87
6.49	3.933	7348	4.08
6.69	4.118	7580	4.21
6.89	3.967	7762	4.31
7.09	4.118	7958	4.42
7.29	3.933	8165	4.53
7.49	3.933	8377	4.65
7.69	4.321	8585	4.76
7.89	4.118	8795	4.88
8.09	4.487	9226	5.12
8.29	3.933	9446	5.24
8.49	4.545	9668	5.37
8.69	4.188	9899	5.49
8.89	5.645	10125	5.62
9.09	3.933	10356	5.75
9.29	4.188	10607	5.89
9.49	4.070	11103	6.16
9.69	3.933	11347	6.30
9.89	4.070	11592	6.43
10.09	4.023	11715	6.50
10.29	4.487	12096	6.71
10.49	4.023	12664	7.03

Nota: Elaboración propia

Tabla 6.

Registro continuo de VUS y 100% de f_c

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	CARGA (Mpa)
0	4.367	0	0.00
0.29	4.966	493	0.27
0.69	4.367	809	0.45
1.09	4.115	1601	0.89
1.49	4.265	2140	1.19
1.89	4.589	3107	1.72
2.09	4.367	3919	2.17
2.49	4.215	4693	2.60
2.89	4.367	5389	2.99
3.09	4.519	5389	2.99
3.49	4.315	6234	3.46
3.89	4.265	6752	3.75
4.09	4.215	7202	4.00
4.49	4.367	7793	4.32
4.89	4.213	8341	4.63
5.09	4.316	8613	4.78
5.49	4.215	9166	5.09
5.89	4.315	10053	5.58
6.09	4.326	10352	5.74
6.49	4.073	11303	6.27
6.89	4.265	11974	6.64
7.09	4.147	11974	6.64
7.49	4.543	12640	7.01
7.89	4.179	13676	7.59
8.09	4.265	14027	7.78
8.49	4.073	14776	8.20
8.89	4.167	15842	8.79
9.09	5.383	16207	8.99
9.49	4.263	16982	9.42
9.89	4.073	17742	9.85
10.09	4.265	18131	10.06
10.49	4.167	19309	10.72
10.89	4.215	20122	11.17
11.09	4.073	20526	11.39

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	CARGA (Mpa)
11.49	4.119	21720	12.05
11.89	4.215	22515	12.49
12.09	4.215	22923	12.72
12.49	4.235	23753	13.18
12.89	4.473	25003	13.88
13.09	4.730	25003	13.88
13.49	4.215	25859	14.35
13.89	4.329	27164	15.07
14.09	4.119	28043	15.56
14.49	4.215	28937	16.06
14.89	4.215	30284	16.81
15.09	4.215	30284	16.81
15.49	4.285	31211	17.32
15.89	4.263	32142	17.84
16.09	4.119	32612	18.10
16.49	4.367	33570	18.63
16.89	4.315	35029	19.44
17.09	4.589	35551	19.73
17.49	4.073	36499	20.25
17.89	4.367	37980	21.08
18.09	4.078	38483	21.36
18.49	4.315	39467	21.90
18.89	4.115	40479	22.46
19.09	4.167	40972	22.74
19.49	4.073	41975	23.29
19.89	4.020	42968	23.84
20.09	4.119	43967	24.40
20.49	4.133	44481	24.68
20.89	4.473	45985	25.52
21.09	4.167	46520	25.82
21.49	4.028	47998	26.64
21.89	4.489	49009	27.20
22.09	4.116	49514	27.48
22.49	4.367	51007	28.31

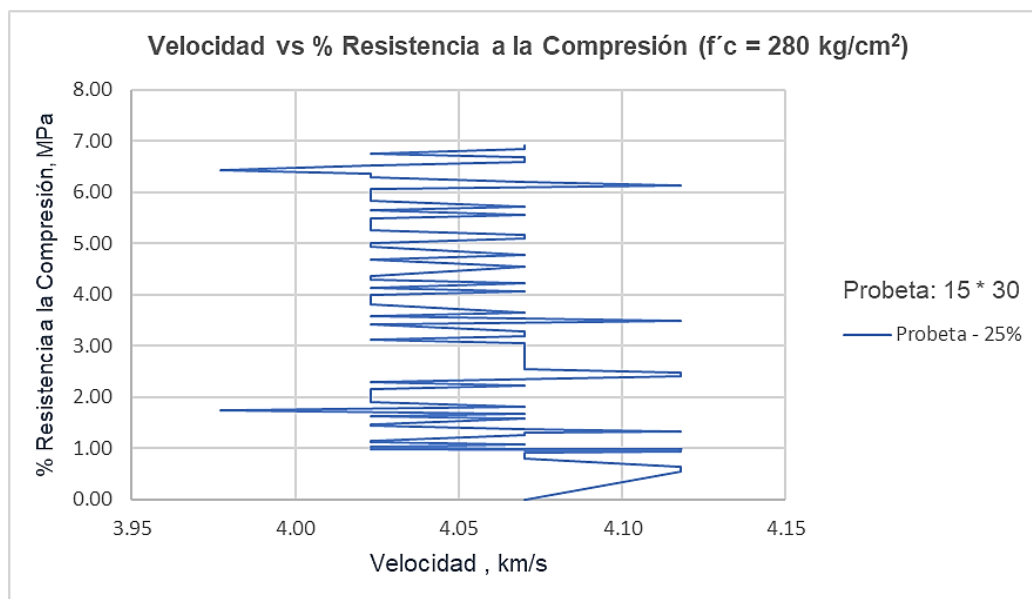
TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	CARGA (Mpa)
22.89	4.167	52006	28.86
23.09	4.215	52499	29.13
23.49	5.125	53973	29.95
23.89	3.886	54460	30.22
24.09	4.438	55431	30.76
24.49	3.992	56402	31.30
24.89	5.254	57835	32.10
25.09	4.073	58316	32.36
25.49	4.467	59258	32.88
25.89	3.954	60202	33.41
26.09	3.946	60667	33.67
26.49	4.073	61582	34.17
26.89	3.986	62952	34.93
27.09	3.986	63392	35.18
27.49	3.856	64291	35.68
27.89	3.856	65158	36.16
28.09	3.727	65579	36.39
28.49	3.472	66849	37.10
28.89	3.662	67260	37.33
29.09	3.889	68062	37.77
29.49	3.563	69225	38.42
29.89	3.662	69962	38.82
30.09	3.876	70315	39.02
30.49	3.519	70984	39.39
30.89	3.689	71614	39.74
31.09	3.294	71893	39.90
31.49	3.452	72152	40.04
31.89	3.125	72757	40.38
32.09	2.573	72917	40.46

Nota: Elaboración propia

En estos resultados continuos por porcentaje y continuos de inicio hasta la falla se observa en las figuras 13, 14, 15, 16 y 17 en una sola probeta de ensayo, en ellas se observa un comportamiento propio en cada etapa de carga y en el último se juntan todas las etapas de carga.

Figura 13

VUS VS % 25% f'_c , medición continua

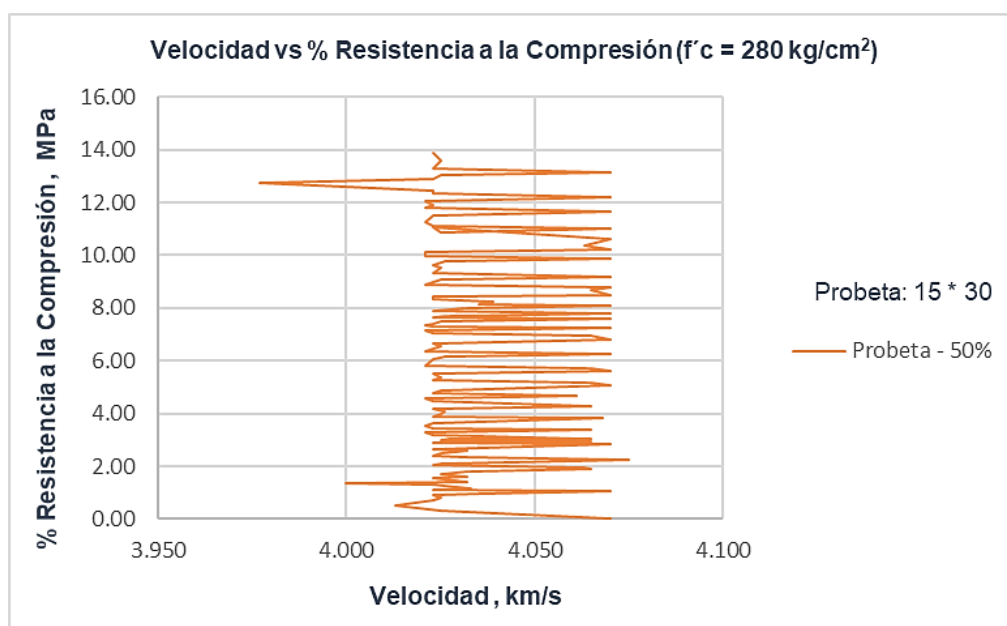


Nota: Elaboración propia

En este gráfico la variación de la velocidad es mínima con un rango de variación de 0.05 km/s en oscilación, en términos de la magnitud de velocidad este no representa variación en la estructura del concreto.

Figura 14

VUS VS % 50% f'_c , medición continua

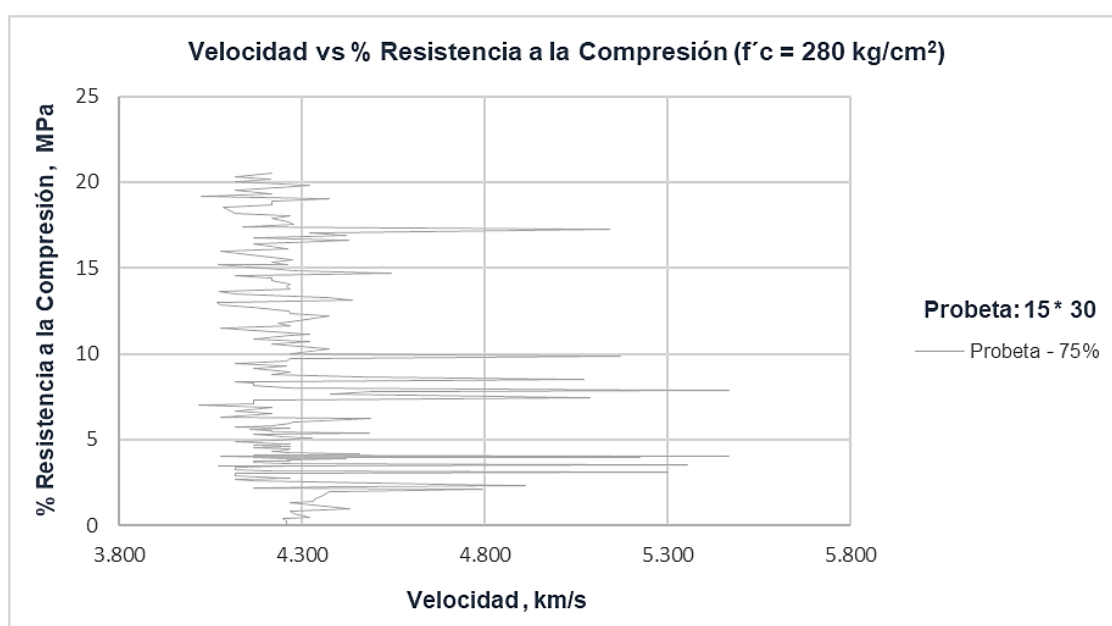


Nota: Elaboración propia

Cuando se aplica la carga hasta el 50% de la resistencia final, se observa que las velocidades de ultrasonido tienden a aumentar su velocidad, aunque en pequeña magnitud, a diferencia de la aplicación al 25% tienden a disminuir, pero de igual manera en pequeña magnitud.

Figura 15

VUS VS % 75% f'_c , medición continua

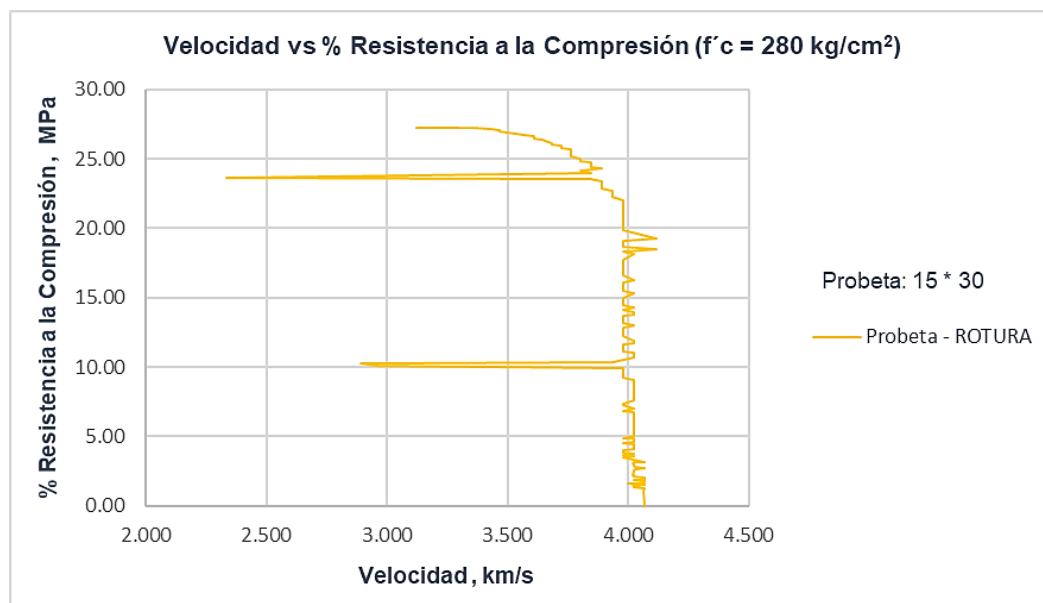


Nota: Elaboración propia

En esta etapa de carga se observa una tendencia a incrementar la velocidad de ultrasonido hasta en 25%, este comportamiento se observó también en los ensayos no continuos, se puede atribuir este comportamiento a las tensiones internas producidas por la carga.

Figura 16

VUS VS % 100% f'_c , medición continua

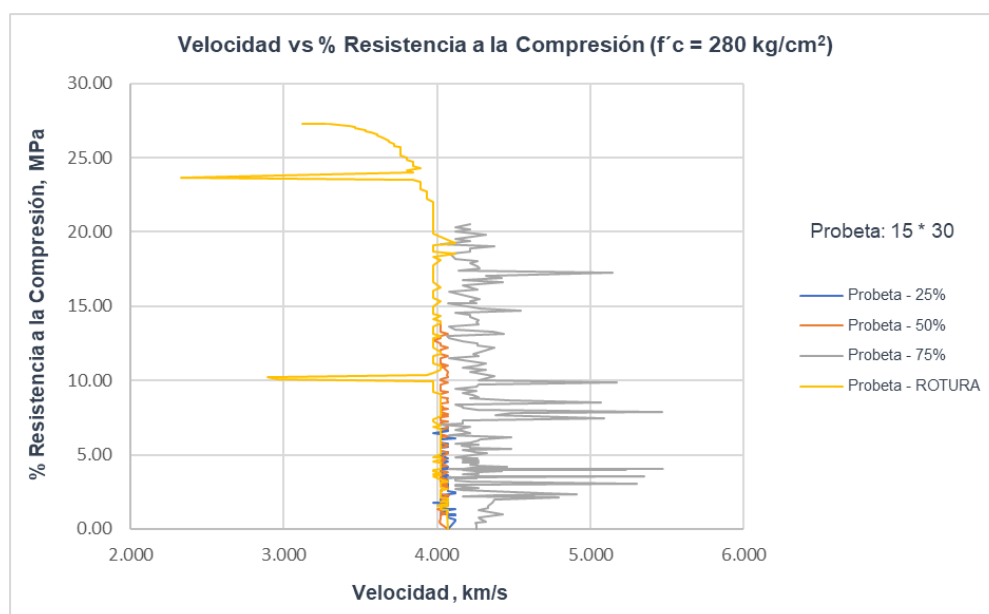


Nota: Elaboración propia

Al aplicar la carga hasta la falla se observa una variación cuasi uniforme hasta el 70% de la carga de falla, a partir de este valor las micro fisuras deben ser generalizadas en toda la probeta.

Figura 17

VUS VS % f'_c , todos los %



Nota: Elaboración propia

Como se observa zonas singulares de comportamiento, podría atribuirse a la heterogeneidad del concreto. Como se indicó, también es probable que estuviese en el rango elástico el concreto, para ello, es necesario ver como es el desarrollo de la deformación del concreto, por lo que, se han realizado medición de este comportamiento tal como se parecía a continuación:

Figura 18

Proceso de carga-medición de deformación vertical



Nota: Elaboración propia

Los resultados de esta evaluación indican que se tiene dos zonas claramente diferenciadas en la deformación una entre el 60 a 65% de la resistencia de rotura y la otra posterior a estos porcentajes en donde se nota que la deformación se incrementa hasta la falla tal como se aprecia en el gráfico. Las probetas y en el concreto en general presentan

vacíos y de hecho micro fisuras por diferentes causas y en esta etapa de carga podrían reducirse y facilitar el paso de las ondas de ultra sonido.

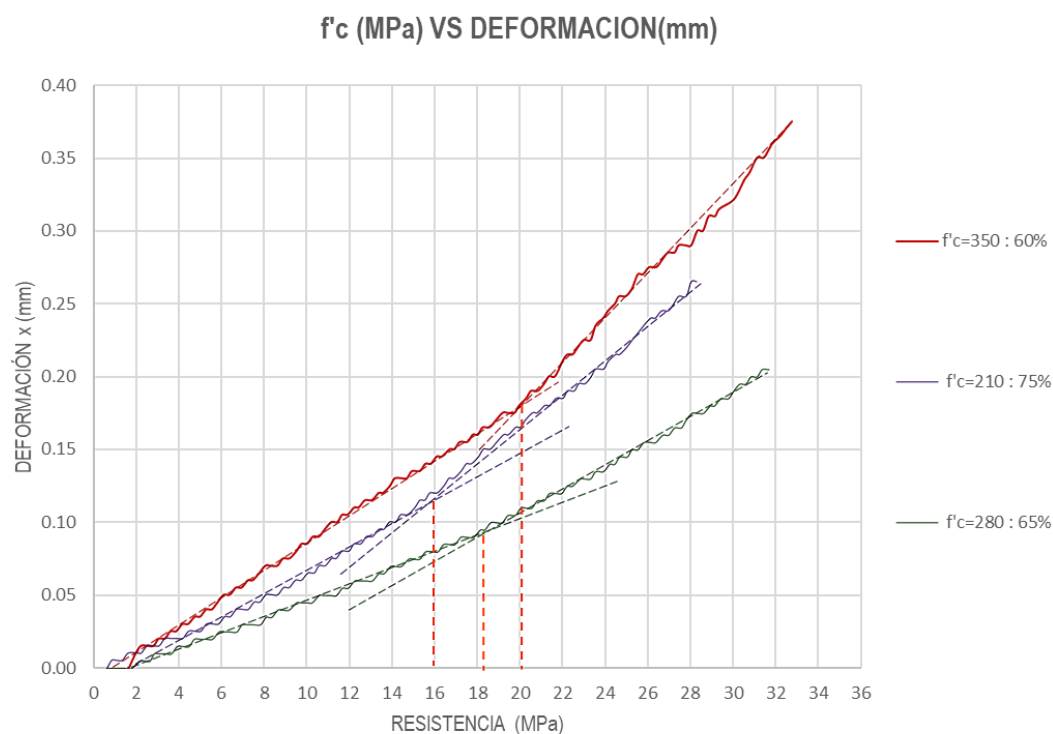
Un aspecto importante es determinar cuál es la energía superficial, de la teoría de la mecánica de la fractura, del concreto que podría ayudar a una mejor explicación de este comportamiento en esta fase de medición de VUS, en el entendido que esta es la energía necesaria para romper los enlaces intermoleculares del concreto con el cual se inician las micro fisuras.

Con fines de corroborar este postulado se ha efectuado la medición de la deformación de la probeta conforme se realiza la carga hasta el 95% de la resistencia de final, para diferentes resistencias con los fines de tener un umbral de comportamiento.

Estos resultados se muestran en el grafico siguiente:

Figura 19

*Resistencia vs deformación en probetas de 15*30 cm*



Nota: Elaboración propia

De este grafico se observa claramente un comportamiento de baja deformación entre el 60 y 75% de la resistencia final y a partir de estos porcentajes manteniendo la misma velocidad de aplicación de carga se observa un incremento sustancial de la deformación.

Este hecho parece guardar concordancia con la observación efectuada en la lectura de la velocidad de ultra sonido que en este mismo rango de aplicación porcentaje de carga incrementa la velocidad y ello se asocia a una disminución inicial de vacíos y cierre temporal de las micro grietas.

4.5. Resultados de Evaluación

Como se mostró en los puntos anteriores se ha mostrado tendencias generales en la VUS, y en la deformación, esto se ha evidenciado en los ensayos de medición continua, los ensayos discontinuos no han aportado mayores resultados que nos ayuden a predecir cómo es la variación de las micro fisuras en los testigos de concreto a excepción de las pruebas pseudo cíclicas que si tienden a acentuar las micro fisuras.

Para un enfoque adecuado de estos resultados vamos a discretizar por resistencia.

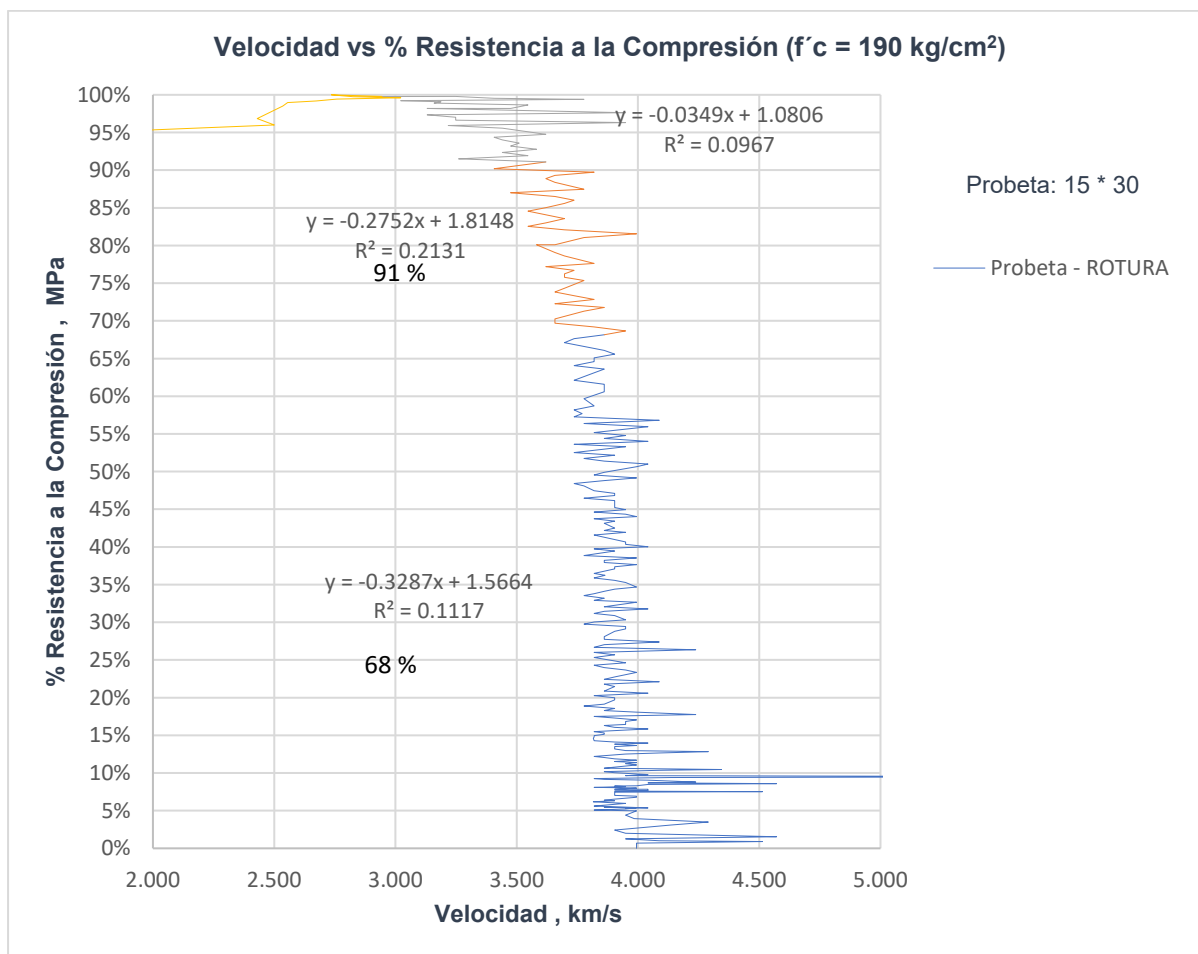
4.5.1. Resistencias menores a 200 Kg/cm^2

En estos resultados se observa tres zonas en la evaluación del VUS, se muestra sus ecuaciones de regresión lineal para cada zona, cabe indicar que estos son de medición continua, en las dos primeras zonas se observa una tendencia mínima a la disminución lo cual asociamos a un incremento mínimo de micro fisuras; en el último tramo el decrecimiento es drástico y de seguro en esta etapa la generalización de micro fisuras que pasan a macro fisuras de desarrolla en forma integral.

En el grafico siguiente se observa dicha tendencia y se va clarificando el objetivo del trabajo de investigación el cual tiene como horizonte establecer una relación entre la medición de VUS y la propagación de las micro fisuras.

Figura 20

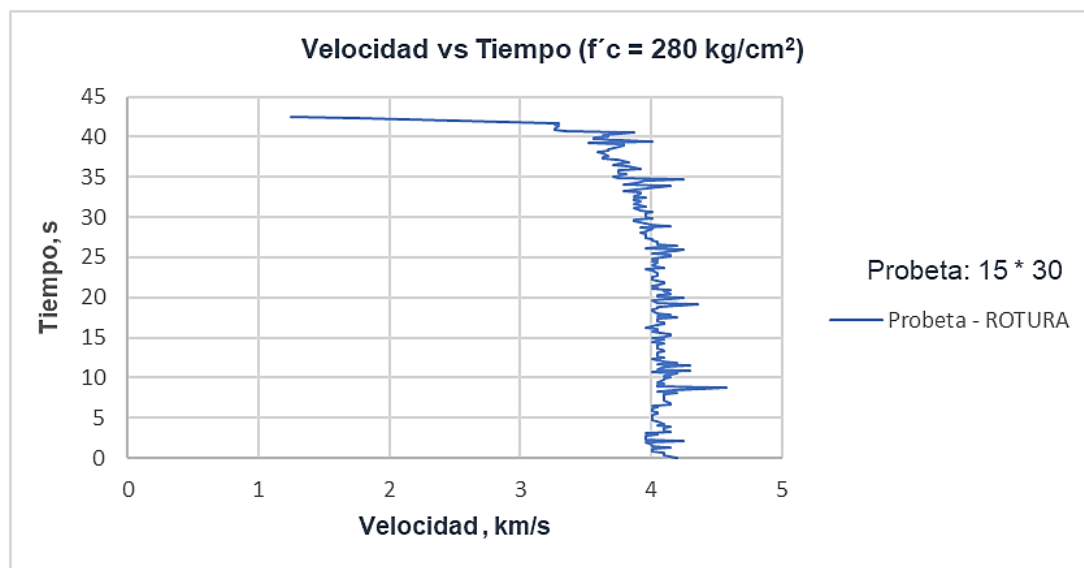
% Resistencia vs % VUS en probetas de 15*30 cm



Nota: Elaboración propia

4.5.2. Resistencias menores a 300 Kg/cm²

El comportamiento es similar en este rango de resistencia lo se observa es que el inicio y final de cada tramo presenta ligera variación.

Figura 21*Tiempo vs VUS en probetas de 15*30 cm**Nota:* Elaboración propia

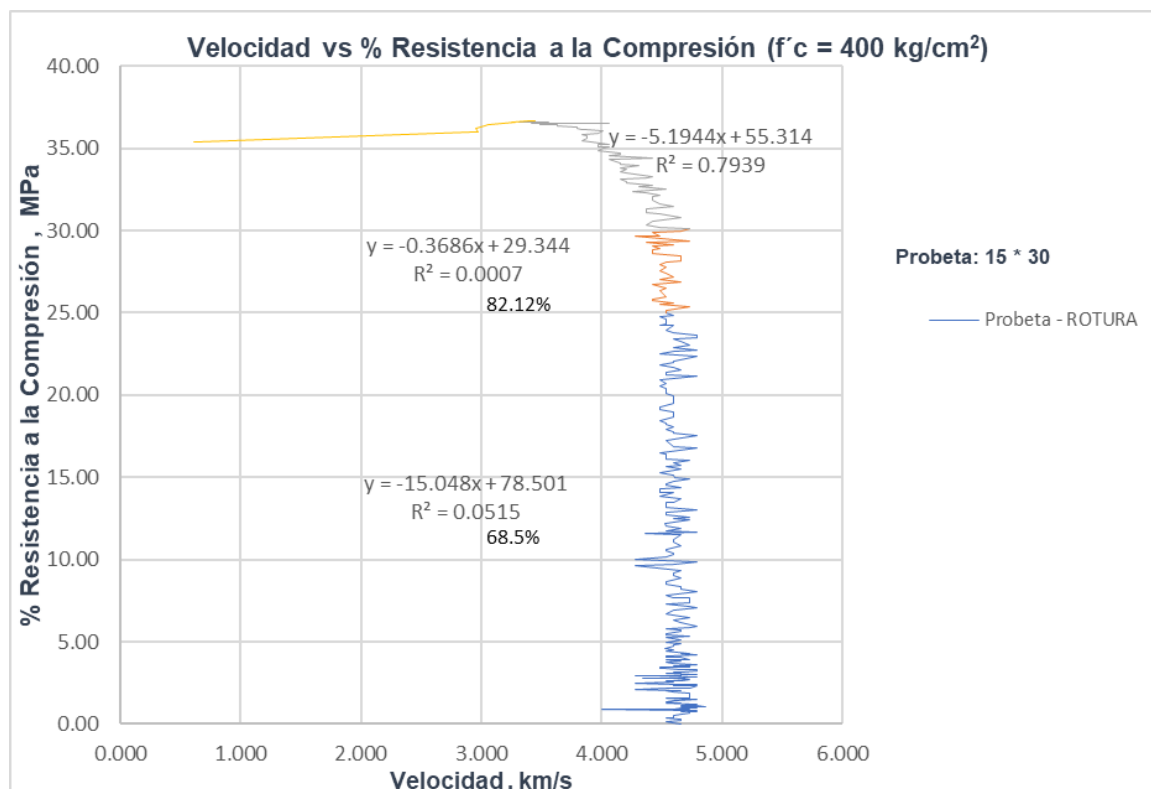
En los análisis de medición de velocidad de ultrasonido se tiene en las probetas de 15*30 cm, se observó que al 25 % de la carga la velocidad de ultrasonido prácticamente permanece inalterado en medición pausada y en medición continua.

4.5.3. Resistencias menores a 400 Kg/cm²

En este rango de resistencia también se tiene el comportamiento de las resistencias predecesoras, con tres zonas, donde la primera y segunda son casi similares en pendiente y la última si decrece con rapidez.

Figura 22

% Resistencia vs % VUS en probetas de 15*30 cm



Nota: Elaboración propia

En general en los tres rangos de resistencia analizados se observa una correspondencia entre los rangos de resistencia y el comportamiento de la medición del VUS, en esta evaluación con fines de encontrar un patrón o relación de progreso u avance de las micro fisuras se tratará de establecer magnitudes independientes de visualización de dicho progreso de fisuras.

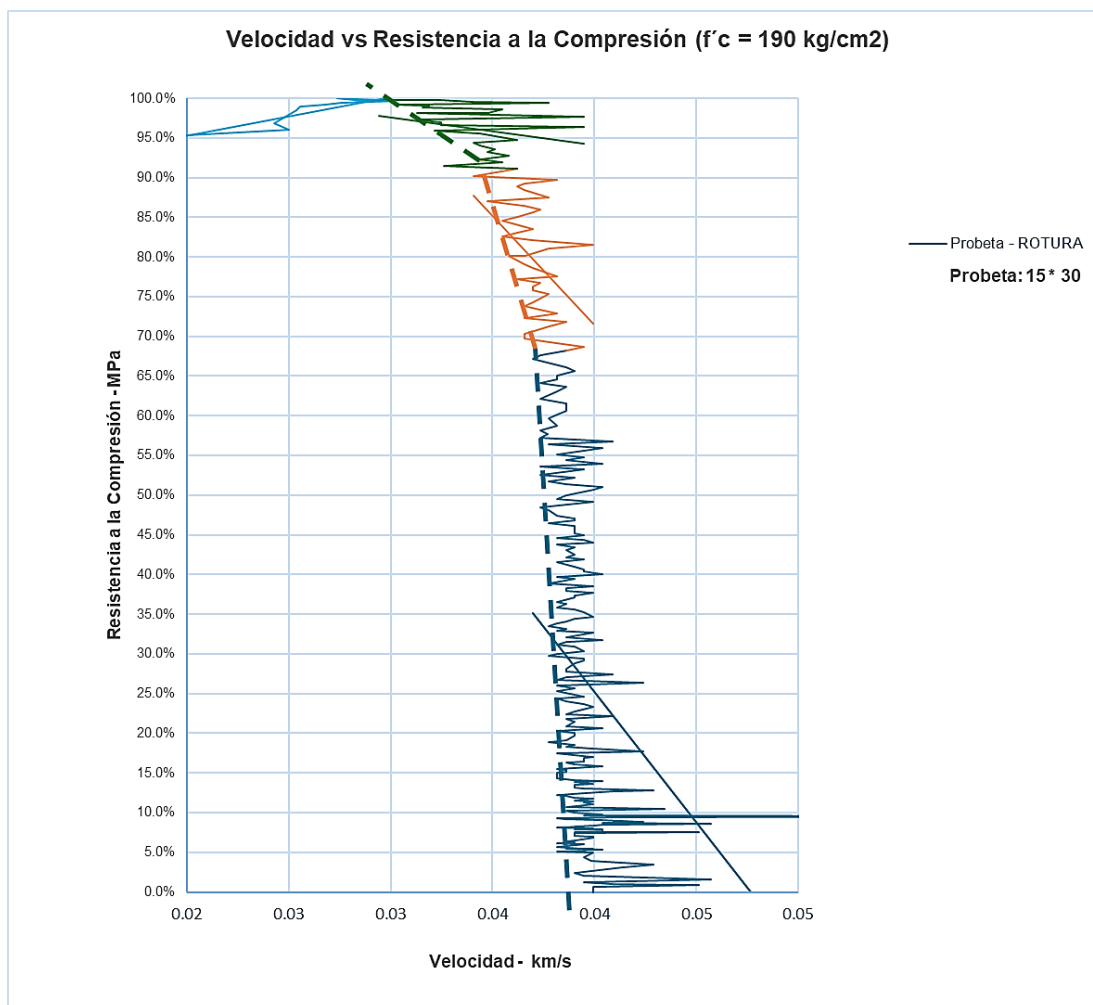
4.6. Determinación de evolución de las micro fisuras

Con fines de establecer la evolución de las micro fisuras, descartamos las zonas singulares de los diagramas VUS y resistencia, evaluados en forma continua y trazamos la tendencia general de cada tramo, la mejor aproximación es la de fijar tres tramos con cambio de pendiente, considerar dos tramos resulta muy forzado para tener una linealidad de la

aproximación. Más adelante evaluaremos la posibilidad de realizar una ecuación polinómica de evolución de micro fisuras en base estos diagramas.

Figura 23

% Resistencia vs % VUS rectas de mejor aproximación



Nota: Elaboración propia

Con fines de uniformizar las deformaciones se toma como referencia la lectura de VUS en el momento de la falla de la probeta, es decir el 100% de variación de velocidad se toma en el momento de la falla total por compresión, como se puede observar después de la falla sigue disminuyendo la VUS hasta valores tendientes a cero.

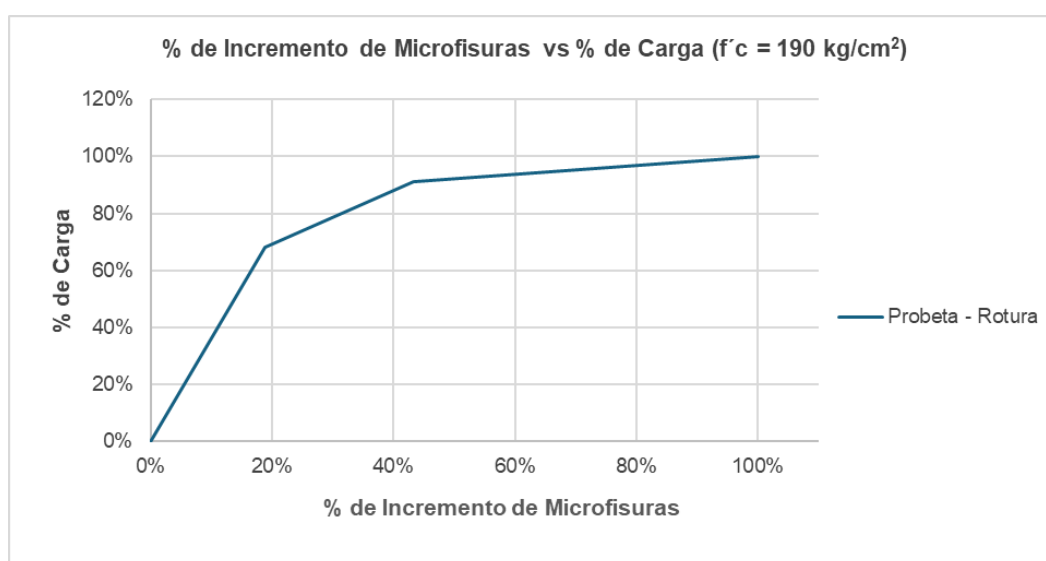
4.6.1. Resistencias menores a 200 kg/cm^2

Como una manera de generalización de la evolución de las micro fisuras se expresa las siguientes magnitudes:

- Resistencia: % respecto a la resistencia final de diseño o rotura
- VUS : % respecto a la velocidad final de falla del testigo

Figura 24

% Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia



Nota: Elaboración propia

En este rango de resistencias se aprecia hasta el 70% de aplicación de resistencia final las micro fisuras generadas son del orden del 20% de la falla, luego hasta el 90% de aplicación de la carga el incremento de micro fisuras es al 40% del total de falla y de este punto la falla es inminente.

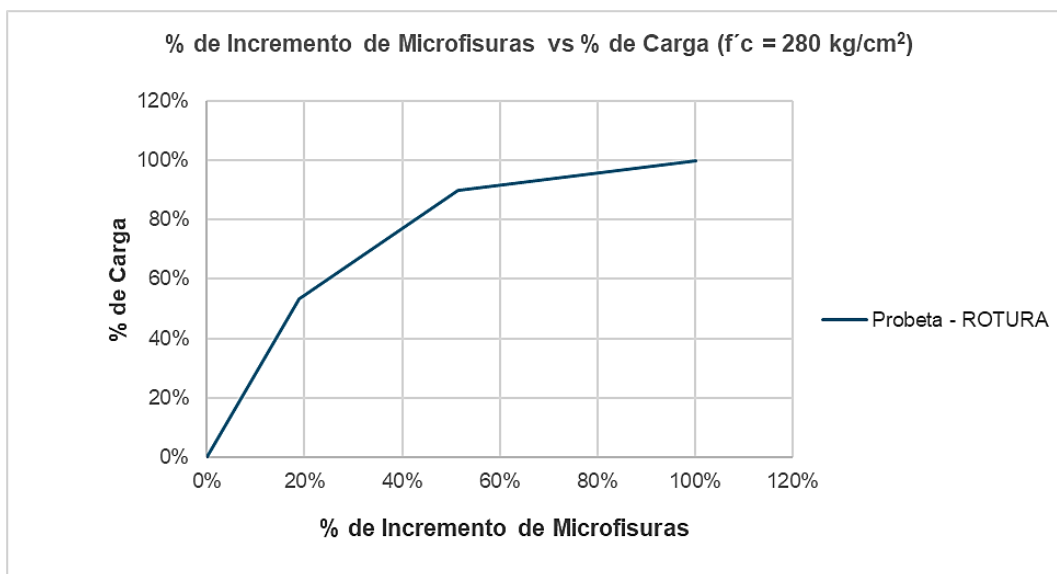
El primer tramo de evolución caracterizado por bajo desarrollo de micro fisuras es concordante con la deformación que se observa en el gráfico 19, en donde se aprecia una baja deformación hasta el 65% de la aplicación de la resistencia final. Por ello, según los lineamientos del presente trabajo si se logra establecer un patrón de evolución de micro fisuras en función de la aplicación de la carga en compresión.

4.6.2. Resistencias menores a 300 kg/cm^2

El comportamiento en este rango de resistencia indica un tramo de bajo desarrollo hasta el 55% de la resistencia máxima, la variación en los primeros tramos no es muy significativa como lo es en el tercer tramo.

Figura 25

% Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia



Nota: Elaboración propia

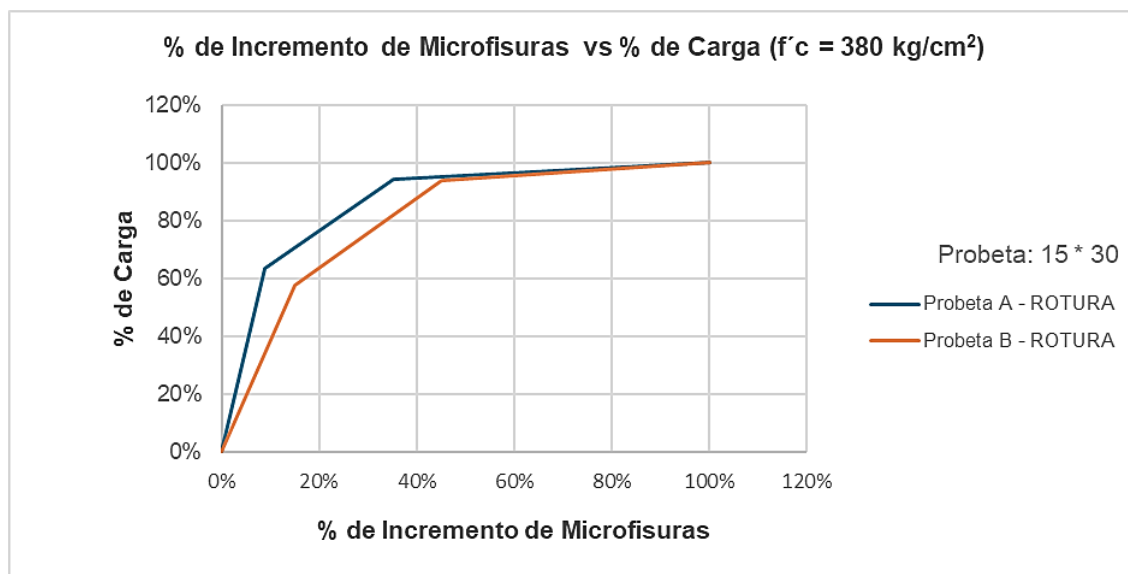
4.6.3. Resistencias menores a 400 kg/cm^2

En el gráfico 26 y 27 se observa una tendencia a la disminución de del incremento de microfisuras en el primer tramo del orden del entre el 10 a 15% para una aplicación de 60 a 65% de la resistencia final.

En el segundo tramo la propagación de las microfisuras oscila entre 35 y 40% y la aplicación de % de resistencia final llega entre el 90 y 95%, al parecer se tiende a comportamiento de material frágil caracterizado por falla abrupta y repentina.

Figura 26

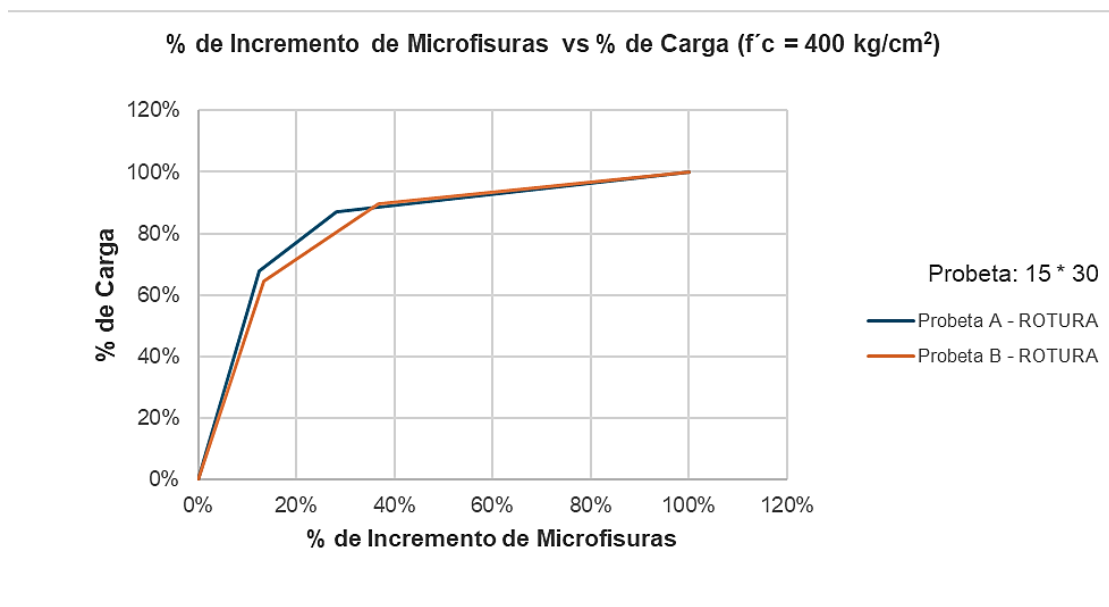
% Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia



Nota: Elaboración propia

Figura 27

% Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia



Nota: Elaboración propia

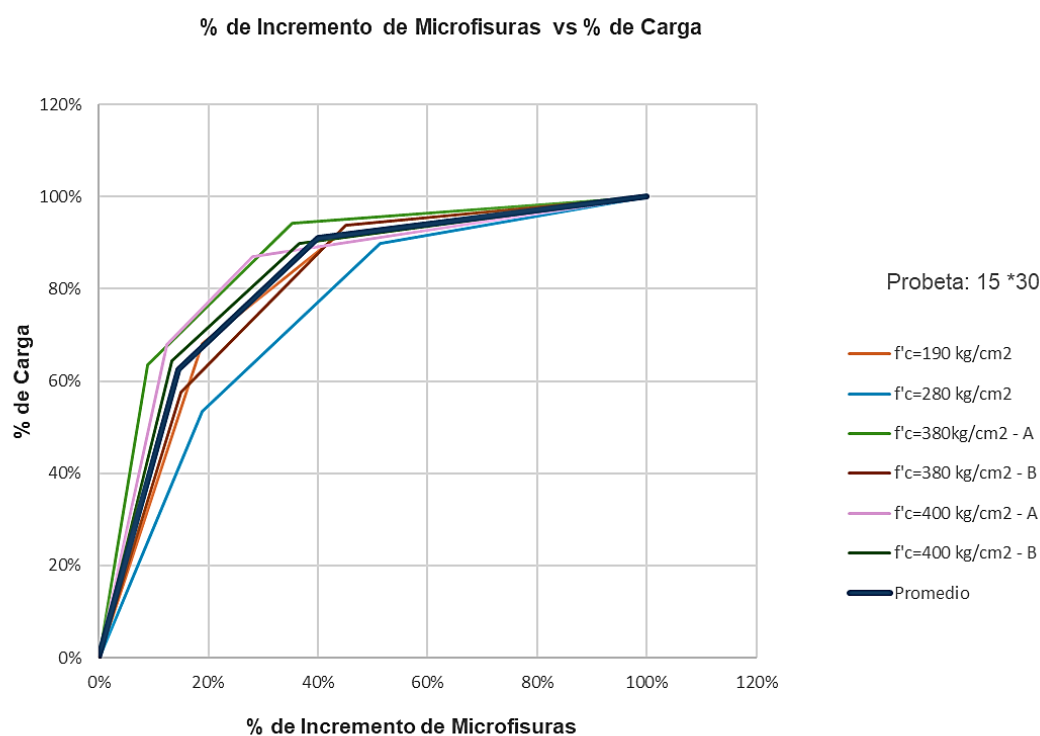
4.7. Generalización propuesta de evolución de micro fisuras

Los resultados indican un comportamiento similar entre las diferentes resistencias a la compresión, la tendencia de presentar tres zonas incrementales es notoria por lo cual con fines de encontrar una primera relación de incremento se colocan todos los resultados de medición de % continua de la VUS y de % de resistencia a la compresión, se observa una tendencia general y por lo tanto se realiza una línea de tendencia promedio que mejor represente el comportamiento.

Es este caso, como se indicó, es con respecto a lectura de falla en la máquina de compresión, es decir en forma integral desde el inicio de carga hasta la falla de la probeta, cabe indicar que las principales propiedades de concreto como el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson se evalúan al 40% de la resistencia máxima o de falla y ello corresponde según nuestro grafico aún 10% de propagación de micro fisuras.

Figura 28

Agrupación de % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia



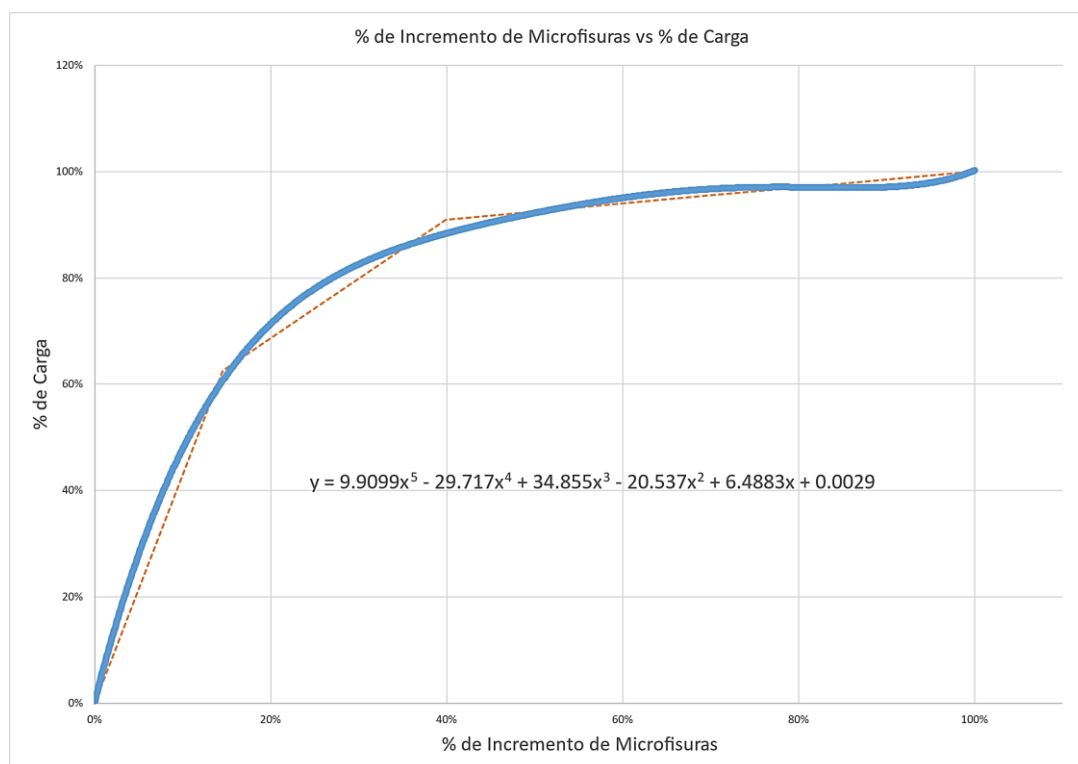
Nota: Elaboración propia

En este grafico tipo envolvente de todas las probetas sometidas a medición continua de VUS se tiene un recta representativa o promedio que representa la tendencia de las líneas, esta se grafica como se indicó por tendencia y no responde a un promedio estadístico para no considerar los puntos singulares como el comportamiento de la resistencia de 190 kg/cm².

Como resultado final para la evolución de las micro fisuras por compresión en el concreto en vez de establecer tres ecuaciones de recta, una para cada tramo, se establece una ecuación polinómica que representa esta tendencia, ello se muestra en el siguiente gráfico:

Figura 29

Relación general de % Evolución de micro fisuras vs % de incremento de resistencia



Nota: Elaboración propia

La ecuación generalizada:

$$PC = 9.9099 \cdot IMF^5 - 29.717 \cdot IMF^4 + 34.855 \cdot IMF^3 - 20.537 \cdot IMF^2 + 0.0029$$

Donde:

PC = % de aplicación de resistencia final o de falla

IMF = % de incremento de micro fisura respecto a la resistencia final.

Así mismo en un cuadro resumen se puede ilustrar esta variación

Tabla 7.

Cuadro resumen de variación de % de microfisuras y % de resistencia

% MICROFISURAS	% RESISTENCIA FINAL
1.57%	10%
3.38%	20%
5.43%	30%
7.81%	40%
10.67%	50%
14.27%	60%
19.17%	70%
27.01%	80%
43.88%	90%
99.68%	100%

Nota: Elaboración propia

A nivel de resultado de investigación concordante con la hipótesis nula planteada, aunque muy aplicable para este caso de predominio experimental, se acepta que si existe una correlación entre el porcentaje de resistencia aplicada y la evolución de las microfisuras en el concreto

Revaluar la resistencia aceptable del 75% mínimo y promedio de 85% de la resistencia de diseño en la aceptación de resultados dudosos del concreto del RNE, aceptar este porcentaje implica la falla generalizada del concreto.

CONCLUSIONES

PRIMERA . - El desarrollo de las micro fisuras en el concreto, en base a mediciones con ultrasonido se inician desde las primeras etapas de carga, con bajo nivel de incremento del orden de 15% de micro fisuras hasta la aplicación del 65 y 70% de la carga final a la compresión, luego un apreciable incremento hasta el 40% de micro fisuras a la aplicación del orden de 90%, en esta etapa se generalizan, la ecuación general de desarrollo de las micro fisuras es:

$$PC = 9.9099 \cdot IMF5 - 29.717 \cdot IMF4 + 34.855 \cdot IMF3 - 0.537 \cdot IMF2 + 0.0029$$

Donde:

PC = % de aplicación de resistencia final o de falla

IMF = % de incremento de micro fisura respecto a la resistencia final.

SEGUNDA. - Los resultados de medición indican que las micro fisuras tienen inicio desde una aplicación del 10% de la carga, donde se aprecia una zona singular velocidad de ultra sonido.

TERCERA. - La generalización de las micro fisuras ocurre entre 65 a 70% y 85 a 90% de la aplicación de la carga final, evolución de micro fisura a macro fisura según los resultados de VUS y % de aplicación de carga, la evidencia es inicio del decremento acelerado de la velocidad de propagación de las ondas.



CUARTA. - La evolución de micro fisura a macro fisura según los resultados de VUS y % de aplicación de carga es del orden del 85% hasta el 90%, la evidencia es inicio del decremento acelerado de la velocidad de propagación de las ondas.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA. -** Se debe extender la investigación de la evolución de las microfisuras en el concreto incluyendo el acero de refuerzo estructural, en este caso es factible por que el acero se coloca perpendicular a la aplicación de la carga.
- SEGUNDA. -** Incidir en la investigación cíclica de aplicación de carga y descarga y evolución de las microfisuras, este representa el comportamiento dinámico de los pavimentos rígidos.
- TERCERA. -** Establecer programas de monitoreo inicial y periódico mediante la VUS en los pavimentos rígidos, tal que se puede realizar un programa de rehabilitación y refuerzo, evitando la falla del concreto.



REFERENCIAS

- Zanuy, C. (2008). *Análisis seccional de elementos de hormigón armado sometidos a fatiga, incluyendo secciones entre fisuras*. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Toriac J. (2004). Patología de la construcción: grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención. *Ciencia y Sociedad*, 29(1), 72-114.
<https://doi.org/10.22206/cys.2004.v29i1.pp72-114>
- Silva Filho, L. C. P., Helene, P. R. L. (2011), "*Análise de estruturas de concreto com problemas de resistência e fissuração*" in.: ISAIA, Geraldo C. Concreto: Ciência e Tecnologia, 1Edição, São Paulo: Editora IBRACON (Brasil), 1124-1174.
- Rocha, J., Póvoas, Y. (2017), Infrared thermography as a non-destructive test for the inspection of reinforced concrete bridges: A review of the state of the art. *Revista ALCONPAT*, 7(3), 200-214. <https://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i3.223>
- Possani, D., Rodrigues, D., Correia, F., Morais, D. (2017), "*Ondas ultrassônicas: teoria e aplicações industriais em ensaios não-destrutivos*", *Revista brasileira de física tecnológica aplicada*, V.4, No. 1, 16-33.
<http://dx.doi.org/10.3895/rbfta.v4n1.5073>
- Aggelis, D. G., Kordatos, E. Z., Soulioti, D. V., Matikas, T. E. (2010), "*Combined use of thermography and ultrasound for the characterization of subsurface cracks in concrete*", *Construction and Building Materials*, V. 24, No. 10, 1888 – 1897.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.04.014>



Rojas Reyes, R. (2010) *Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro*. Universidad Veracruzana.

Fonseca M. (2013). *Tecnología y patología de concreto*. Editorial Universidad Católica de Colombia.

UNAM. (1997). *Manual de tecnología de concreto*. Editorial LIMUSA, México.

Day W. Ken. (2006). *Concrete mix design, quality control and specification*. Taylor & Francis group USA.

Popovics S. (1992). *Concrete Materials*, Noyes Publications. New Jersey USA.

Arana J. y Gonzales J. (2002). *Mecánica de fractura*. Servicio editorial del país Vasco.

Van Mier J. (2013). *Concrete Fracture: A multiscale Approach*. Editorial CRC Press.

Surendra S. y Stuart S. (1995). *Fracture mechanics of concrete*. Editorial Jhon Wiley & Sons.

Cifuentes H. y Medina F. (2013). *Mecánica de la fractura aplicada al hormigón*.

Nogueira C. (2022). *Ultrasonic wave propagation in concrete*. Editorial VDM.

Juan-Senabre J. (2013). *Estudio de las propiedades de propagación de los ultrasonidos en un medio viscoso*. Universidad Politécnica de Valencia.

Kumar P. y Monteiro P. (2006). *Concrete: microstructure, properties and materials*. University of California at Berkeley



ANEXOS



Anexo 1: Lecturas de Ultrasonido

REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 8

Material: Probetas de concreto

f_c	kg/cm ²	190
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		30/08/2022
Porcentaje de ensayo	%	100 / Rotura

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	3.994	0	0.00	7.69	3.994	3162	1.75
0.29	3.994	278	0.15	7.89	3.994	3181	1.77
0.49	4.513	354	0.20	8.09	3.819	3208	1.78
0.69	4.088	402	0.22	8.29	3.949	3248	1.80
0.89	3.949	503	0.28	8.49	3.904	3272	1.82
1.09	4.572	618	0.34	8.69	3.994	3297	1.83
1.29	3.949	794	0.44	8.89	4.041	3361	1.87
1.49	3.904	960	0.53	9.09	4.572	3406	1.89
1.69	4.137	1234	0.68	9.29	4.041	3445	1.91
1.89	4.290	1388	0.77	9.49	4.238	3493	1.94
2.09	3.984	1562	0.87	9.69	4.041	3590	1.99
2.29	3.949	1743	0.97	9.89	3.861	3633	2.02
2.49	3.994	1971	1.09	10.09	3.819	3678	2.04
2.69	3.819	2018	1.12	10.29	4.137	3728	2.07
2.89	3.949	2071	1.15	10.49	5.991	3776	2.10
3.09	3.994	2143	1.19	10.69	3.949	3831	2.13
3.29	3.861	2156	1.20	10.89	4.041	3878	2.15
3.49	3.949	2136	1.19	11.09	3.904	3981	2.21
3.69	3.949	2118	1.18	11.29	3.861	4042	2.24
3.89	4.041	2133	1.18	11.49	4.088	4103	2.28
4.09	3.949	2166	1.20	11.69	4.344	4147	2.30
4.29	3.819	2230	1.24	11.89	3.861	4220	2.34
4.49	3.949	2373	1.32	12.09	3.949	4332	2.40
4.69	3.816	2446	1.36	12.29	3.994	4394	2.44
4.89	3.904	2503	1.39	12.49	3.949	4453	2.47
5.09	3.861	2540	1.41	12.69	3.994	4515	2.51
5.29	3.904	2586	1.44	12.89	3.904	4576	2.54
5.49	3.994	2694	1.50	13.09	3.994	4643	2.58
5.69	3.994	2741	1.52	13.29	3.904	4706	2.61
5.89	3.904	2788	1.55	13.49	3.861	4778	2.65
6.09	3.904	2832	1.57	13.69	3.819	4835	2.68
6.49	3.904	2955	1.64	13.89	3.949	4959	2.75
6.69	4.513	2982	1.65	14.09	4.088	5022	2.79
6.89	3.904	3014	1.67	14.29	4.290	5088	2.82
7.09	4.041	3046	1.69	14.49	3.949	5150	2.86
7.29	4.041	3114	1.73	14.69	3.904	5235	2.91
7.49	3.904	3114	1.73	14.89	3.904	5351	2.97



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
15.09	3.994	5411	3.00	26.49	3.861	12474	6.92
15.29	3.904	5476	3.04	26.69	4.041	12597	6.99
15.49	4.041	5534	3.07	26.89	3.861	12713	7.05
15.69	3.904	5598	3.11	27.09	3.994	12945	7.18
15.89	3.819	5663	3.14	27.29	3.819	13049	7.24
16.09	3.816	5798	3.22	27.49	3.861	13164	7.31
16.29	3.819	5855	3.25	27.69	3.777	13299	7.38
16.49	3.819	5938	3.30	27.89	3.819	13408	7.44
16.69	3.861	6008	3.33	28.09	3.861	13522	7.50
16.89	3.861	6076	3.37	28.29	3.904	13636	7.57
17.09	3.819	6142	3.41	28.49	3.994	13752	7.63
17.29	4.041	6290	3.49	28.69	3.949	13991	7.76
17.49	3.904	6366	3.53	28.89	3.904	14108	7.83
17.69	3.861	6466	3.59	29.09	3.819	14230	7.90
17.89	3.949	6525	3.62	29.29	3.864	14373	7.98
18.09	3.949	6678	3.71	29.49	3.819	14468	8.03
18.29	3.994	6764	3.75	29.69	3.904	14705	8.16
18.49	3.904	6854	3.80	29.89	3.904	14817	8.22
18.69	3.819	6950	3.86	30.09	3.994	14930	8.29
18.89	4.238	7046	3.91	30.29	3.861	15048	8.35
19.09	3.994	7162	3.97	30.49	3.861	15163	8.41
19.29	3.861	7252	4.02	30.69	3.994	15284	8.48
19.49	3.904	7370	4.09	30.89	3.777	15415	8.55
19.69	3.777	7486	4.15	31.09	3.904	15647	8.68
19.89	3.861	7590	4.21	31.29	3.819	15761	8.75
20.09	3.904	7818	4.34	31.49	4.041	15877	8.81
20.29	3.904	7929	4.40	31.69	3.949	16003	8.88
20.49	3.819	8045	4.46	31.89	3.949	16121	8.95
20.69	4.041	8161	4.53	32.09	3.904	16246	9.02
20.89	3.861	8279	4.59	32.29	3.819	16488	9.15
21.09	3.904	8520	4.73	32.49	3.949	16625	9.23
21.29	3.861	8643	4.80	32.69	3.861	16731	9.28
21.49	4.088	8775	4.87	32.89	3.904	16858	9.36
21.69	3.861	8894	4.94	33.09	3.861	17105	9.49
21.89	3.904	9019	5.01	33.29	3.904	17221	9.56
22.09	3.994	9265	5.14	33.49	3.819	17341	9.62
22.29	3.949	9391	5.21	33.69	3.994	17456	9.69
22.49	3.861	9513	5.28	33.89	3.949	17582	9.76
22.69	3.819	9644	5.35	34.09	3.819	17701	9.82
22.89	3.949	9770	5.42	34.29	3.949	17822	9.89
23.09	3.819	10039	5.57	34.49	3.904	17936	9.95
23.29	3.904	10183	5.65	34.69	3.904	18195	10.10
23.49	3.819	10307	5.72	34.89	3.904	18307	10.16
23.69	4.238	10451	5.80	35.09	3.777	18434	10.23
23.89	3.819	10585	5.87	35.29	3.904	18563	10.30
24.09	3.861	10724	5.95	35.49	3.904	18681	10.37
24.29	4.088	10862	6.03	35.69	3.819	18815	10.44
24.49	3.861	11004	6.11	35.89	3.777	19068	10.58
24.69	3.861	11142	6.18	36.09	3.737	19205	10.66
24.89	3.904	11418	6.34	36.29	3.861	19348	10.74
25.09	3.949	11546	6.41	36.49	3.994	19493	10.82
25.29	3.949	11670	6.48	36.69	3.819	19654	10.91
25.49	3.777	11797	6.55	36.89	3.861	19796	10.99
25.69	3.819	11913	6.61	37.09	3.994	20080	11.14
25.89	3.949	12029	6.68	37.29	4.041	20228	11.23
26.09	3.904	12249	6.80	37.49	3.861	20372	11.31
26.29	3.819	12359	6.86	37.69	3.777	20526	11.39



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
37.89	3.904	20687	11.48	49.09	3.546	32736	18.17
38.09	3.737	20824	11.56	49.29	3.620	32923	18.27
38.29	3.949	21135	11.73	49.49	3.697	33141	18.39
38.49	3.737	21265	11.80	49.69	3.546	33529	18.61
38.69	4.041	21417	11.89	49.89	3.620	33723	18.71
38.89	3.861	21566	11.97	50.09	3.697	33938	18.83
39.09	3.949	21722	12.05	50.29	3.737	34115	18.93
39.29	3.819	21877	12.14	50.49	3.658	34301	19.04
39.49	4.041	22196	12.32	50.69	3.475	34497	19.14
39.69	3.777	22360	12.41	50.89	3.777	34681	19.25
39.89	4.088	22526	12.50	51.09	3.658	35053	19.45
40.09	3.737	22708	12.60	51.29	3.620	35240	19.56
40.29	3.770	22881	12.70	51.49	3.658	35417	19.65
40.49	3.737	23077	12.81	51.69	3.819	35580	19.74
40.69	3.819	23287	12.92	51.89	3.407	35772	19.85
40.89	3.777	23667	13.13	52.09	3.620	36123	20.05
41.09	3.819	23851	13.24	52.29	3.260	36283	20.13
41.29	3.861	24035	13.34	52.49	3.546	36453	20.23
41.49	3.861	24230	13.45	52.69	3.441	36623	20.32
41.69	3.861	24429	13.56	52.89	3.582	36792	20.42
41.89	3.737	24638	13.67	53.09	3.475	36960	20.51
42.09	3.819	25021	13.89	53.29	3.510	37116	20.60
42.29	3.861	25220	14.00	53.49	3.441	37277	20.69
42.49	3.737	25406	14.10	53.69	3.407	37426	20.77
42.69	3.819	25617	14.22	53.89	3.620	37577	20.85
42.89	3.819	25813	14.32	54.09	3.441	37901	21.03
43.09	3.904	26010	14.43	54.29	3.218	38046	21.11
43.29	3.861	26211	14.55	54.49	3.949	38200	21.20
43.49	3.697	26613	14.77	54.69	3.248	38325	21.27
43.69	3.737	26824	14.89	54.89	3.248	38474	21.35
43.89	3.861	27028	15.00	55.09	3.131	38607	21.42
44.09	3.949	27226	15.11	55.29	3.949	38713	21.48
44.29	3.819	27436	15.23	55.49	3.131	38937	21.61
44.49	3.658	27639	15.34	55.69	3.475	38937	21.61
44.69	3.658	27862	15.46	55.89	3.546	39123	21.71
44.89	3.777	28275	15.69	56.09	3.159	39216	21.76
45.09	3.861	28470	15.80	56.29	3.188	39294	21.81
45.29	3.658	28669	15.91	56.49	3.022	39352	21.84
45.49	3.819	28889	16.03	56.69	3.777	39415	21.87
45.69	3.737	29086	16.14	56.89	3.407	39470	21.90
45.89	3.658	29282	16.25	57.09	3.248	39565	21.96
46.09	3.697	29483	16.36	57.29	2.945	39567	21.96
46.29	3.777	29880	16.58	57.49	2.736	39656	22.01
46.49	3.697	30051	16.68	57.69	2.825	39558	21.95
46.69	3.697	30239	16.78	57.89	2.872	39540	21.94
46.89	3.737	30423	16.88	58.09	3.022	39506	21.92
47.09	3.620	30610	16.99	58.29	2.758	39432	21.88
47.29	3.819	30779	17.08	58.49	2.673	39335	21.83
47.49	3.697	31170	17.30	58.69	2.555	39243	21.78
47.89	3.658	31357	17.40	58.89	2.536	39071	21.68
48.09	3.582	31762	17.63	59.29	2.430	38404	21.31
48.29	3.658	31762	17.63	59.49	2.500	38075	21.13
48.49	3.777	32150	17.84	59.69	1.819	37711	20.93
48.69	3.994	32346	17.95	59.89	1.819	36844	20.45
48.89	3.697	32548	18.06	60.09	1.782	36338	20.17
				60.39	0.619	35718	19.82



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 5

Material: Probetas de concreto

fc	kg/cm2	280
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		29/08/2022
Porcentaje de ensayo	%	50

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	4.070	0	0.00	10.69	4.070	11151	6.19
0.29	4.070	464	0.26	10.89	4.118	11339	6.29
0.49	4.070	729	0.40	11.09	4.070	11553	6.41
0.69	4.070	1005	0.56	11.29	4.070	11715	6.50
0.89	4.070	1145	0.64	11.49	4.070	11902	6.60
1.09	4.070	1305	0.72	11.69	4.070	12083	6.71
1.29	4.070	1475	0.82	11.89	4.118	12270	6.81
1.49	4.118	1626	0.90	12.09	4.118	12633	7.01
1.69	4.118	1764	0.98	12.29	4.118	12815	7.11
1.89	4.070	2053	1.14	12.49	4.118	12998	7.21
2.09	4.118	2176	1.21	12.69	4.118	13166	7.31
2.29	4.070	2308	1.28	12.89	4.070	13330	7.40
2.49	4.118	2436	1.35	13.29	4.070	13631	7.56
2.69	4.070	2612	1.45	13.49	4.070	13910	7.72
2.89	4.118	2847	1.58	13.69	4.118	14044	7.79
3.09	4.070	3045	1.69	13.89	4.118	14175	7.87
3.29	4.070	3196	1.77	14.09	4.070	14299	7.94
3.49	4.118	3390	1.88	14.29	4.070	14430	8.01
3.69	4.070	3565	1.98	14.49	4.118	14584	8.09
3.89	4.070	3747	2.08	14.69	4.070	14872	8.25
4.09	4.070	3939	2.19	15.09	4.118	15123	8.39
4.29	4.070	4163	2.31	15.29	4.118	15645	8.68
4.49	4.070	4496	2.50	15.49	4.070	15905	8.83
4.69	4.070	4696	2.61	15.69	4.070	16202	8.99
4.89	4.118	4887	2.71	15.89	4.118	16436	9.12
5.09	4.118	5078	2.82	16.09	4.118	16711	9.27
5.29	4.070	5262	2.92	16.29	4.070	16969	9.42
5.49	4.118	5442	3.02	16.49	4.118	17505	9.71
5.69	4.118	5984	3.32	16.69	4.070	17792	9.87
6.09	4.118	6157	3.42	16.89	4.070	18052	10.02
6.29	4.118	6333	3.51	17.09	4.070	18326	10.17
6.49	4.118	6518	3.62	17.29	4.188	18592	10.32
6.69	4.118	6332	3.51	17.49	4.070	18884	10.48
6.89	4.070	7088	3.93	17.69	4.188	19419	10.78
7.09	4.070	7276	4.04	17.89	4.188	19698	10.93
7.29	4.118	7466	4.14	18.09	4.070	19995	11.10
7.49	4.118	7660	4.25	18.29	4.070	20257	11.24
7.69	4.070	7859	4.36	18.49	4.167	20537	11.40
7.89	4.070	8049	4.47	18.69	4.070	20805	11.55
8.09	4.070	8438	4.68	18.89	4.118	21106	11.71
8.29	4.118	8622	4.78	19.09	4.070	21347	11.85
8.49	4.070	8798	4.88	19.29	4.070	21886	12.15
8.69	4.070	8972	4.98	19.49	4.070	22159	12.30
8.89	4.118	9142	5.07	19.69	4.070	22456	12.46
9.09	4.070	9331	5.18	19.89	4.070	22713	12.60
9.29	4.118	9498	5.27	20.09	4.118	22978	12.75
9.49	4.118	9848	5.47	20.29	4.070	23255	12.91
9.69	4.118	10021	5.56	20.49	4.070	23539	13.06
9.89	4.070	10202	5.66	20.69	4.118	23807	13.21
10.09	4.070	10412	5.78	20.89	4.070	24369	13.52
10.29	4.070	10583	5.87	21.09	4.070	24671	13.69
10.49	4.070	10762	5.97	21.29	4.070	24924	13.83



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

PROYECTO :	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS
TESISTA:	Bach. Roberto B. Caceres Flores
Datos:	Probeta 30*15 / P - 5 Material: Probetas de concreto

fc	kg/cm ²	280
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		29/08/2022
Porcentaje de ensayo	%	Rotura

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	3.977	0	0.00	10.69	4.023	33521	18.60
0.29	4.023	5338	2.96	10.89	4.023	34069	18.91
0.49	4.023	5655	3.14	11.09	4.023	34616	19.21
0.69	3.977	5799	3.22	11.29	4.023	35129	19.49
0.89	4.023	6313	3.50	11.49	4.023	35635	19.78
1.09	3.977	6699	3.72	11.69	4.023	36670	20.35
1.29	4.023	7039	3.91	11.89	4.023	37146	20.61
1.49	4.023	7404	4.11	12.09	3.977	37630	20.88
1.69	4.023	8158	4.53	12.29	3.977	38107	21.15
1.89	3.977	8547	4.74	12.49	3.977	38572	21.41
2.09	3.977	8945	4.96	12.69	4.023	39049	21.67
2.29	3.977	9383	5.21	12.89	3.977	39486	21.91
2.49	4.023	9761	5.42	13.09	3.977	39918	22.15
2.69	4.023	10178	5.65	13.29	3.977	40329	22.38
2.89	3.977	11071	6.14	13.49	3.977	41127	22.82
3.09	3.977	11522	6.39	13.69	3.977	41482	23.02
3.29	4.023	11979	6.65	13.89	3.977	41814	23.20
3.49	4.023	12452	6.91	14.09	3.977	42116	23.37
3.69	4.023	13896	7.71	14.29	3.977	42423	23.54
4.09	3.977	14388	7.98	14.49	3.977	42677	23.68
4.29	3.977	15412	8.55	14.69	3.977	43250	24.00
4.49	3.977	15914	8.83	14.89	3.933	43537	24.16
4.89	3.977	16428	9.12	15.09	3.933	43809	24.31
5.09	3.977	16954	9.41	15.29	3.933	44086	24.47
5.29	3.977	17487	9.70	15.49	3.889	44355	24.61
5.49	4.023	17993	9.99	15.69	3.933	44625	24.76
5.69	4.023	18483	10.26	15.89	3.889	45149	25.06
5.89	3.977	19453	10.80	16.09	3.889	45397	25.19
6.09	3.977	19932	11.06	16.29	3.846	45641	25.33
6.29	4.023	20443	11.34	16.49	3.846	45900	25.47
6.49	4.023	20918	11.61	16.69	3.846	46128	25.60
6.69	4.023	21393	11.87	16.89	3.804	46352	25.72
6.89	4.023	22378	12.42	17.09	3.723	46572	25.84
7.29	4.023	23371	12.97	17.29	3.763	46782	25.96
7.49	3.977	23874	13.25	17.49	3.763	46996	26.08
7.69	3.977	24428	13.56	17.69	3.763	47376	26.29
7.89	4.023	24925	13.83	17.89	3.684	47551	26.39
8.09	3.977	25458	14.13	18.09	3.684	47709	26.48
8.29	4.023	26499	14.71	18.29	3.646	47879	26.57
8.69	4.023	27041	15.01	18.49	3.608	48030	26.65
8.89	4.023	27555	15.29	18.69	3.646	48159	26.73
9.09	4.023	28076	15.58	18.89	3.646	48386	26.85
9.29	4.023	29135	16.17	19.09	3.571	48469	26.90
9.49	4.023	29649	16.45	19.49	3.500	48534	26.93
9.69	4.023	30187	16.75	19.69	3.465	48604	26.97
9.89	4.023	30717	17.05				
10.09	4.023	31267	17.35				
10.29	4.023	32386	17.97				



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 6

Material: Probetas de concreto

f _c	kg/cm ²	280
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		29/08/2022
Porcentaje de ensayo	%	75

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	4.070	0	0.00
0.79	4.070	1021	0.57
0.99	4.023	1280	0.71
1.09	4.070	1409	0.78
1.29	4.070	1668	0.93
1.49	4.070	1926	1.07
1.59	4.070	2056	1.14
1.89	4.070	2443	1.36
1.99	4.070	2573	1.43
2.09	4.070	2702	1.50
2.19	4.070	2831	1.57
2.29	4.070	2961	1.64
2.39	4.070	3090	1.71
2.49	4.070	3219	1.79
2.59	4.070	3348	1.86
2.68	4.023	3465	1.92
2.76	4.118	3568	1.98
2.86	4.070	3697	2.05
2.99	4.118	3866	2.15
3.09	4.118	3995	2.22
3.19	4.070	4124	2.29
3.29	4.070	4253	2.36
3.39	4.070	4383	2.43
3.49	4.070	4512	2.50
3.59	4.070	4641	2.58
3.69	4.070	4770	2.65
3.78	4.118	4887	2.71
3.89	4.070	5029	2.79
3.99	4.118	5158	2.86
4.09	4.023	5288	2.93
4.19	4.070	5417	3.01
4.28	4.118	5533	3.07
4.39	4.070	5675	3.15
4.49	4.070	5805	3.22
4.59	4.070	5934	3.29
4.69	4.118	6063	3.36
4.79	4.070	6193	3.44
4.88	4.023	6309	3.50
4.99	4.070	6451	3.58
5.09	4.070	6580	3.65
5.19	4.070	6710	3.72
5.29	4.070	6839	3.80
5.38	4.118	6955	3.86
5.49	4.070	7098	3.94
5.59	4.070	7227	4.01
5.69	4.070	7356	4.08
5.79	4.070	7485	4.15
5.89	4.070	7615	4.23
5.99	4.070	7744	4.30
6.09	4.070	7873	4.37
6.19	4.070	8002	4.44
6.29	4.070	8132	4.51
6.38	4.023	8248	4.58

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
6.49	4.070	8390	4.66
6.59	4.070	8520	4.73
6.68	4.023	8636	4.79
6.79	4.070	8778	4.87
6.88	5.147	8895	4.94
6.99	4.070	9037	5.01
7.09	4.070	9166	5.09
7.19	4.070	9295	5.16
7.29	4.070	9425	5.23
7.38	4.118	9541	5.29
7.49	4.070	9683	5.37
7.59	4.070	9812	5.45
7.69	4.070	9942	5.52
7.79	4.118	10071	5.59
7.88	4.118	10187	5.65
7.99	4.023	10330	5.73
8.09	4.070	10459	5.80
8.19	4.070	10588	5.88
8.29	4.070	10717	5.95
8.39	4.070	10847	6.02
8.49	4.070	10976	6.09
8.59	4.070	11105	6.16
8.69	4.070	11235	6.23
8.75	4.023	11312	6.28
8.89	4.070	11493	6.38
8.99	4.070	11622	6.45
9.09	4.070	11752	6.52
9.19	4.070	11881	6.59
9.25	4.023	11958	6.64
9.39	4.070	12139	6.74
9.49	4.070	12269	6.81
9.58	4.023	12385	6.87
9.69	4.023	12527	6.95
9.79	4.070	12657	7.02
9.89	4.070	12786	7.10
9.99	4.070	12915	7.17
10.09	4.070	13044	7.24
10.15	4.023	13122	7.28
10.29	4.070	13303	7.38
10.39	4.070	13432	7.45
10.49	4.070	13562	7.53
10.59	4.070	13691	7.60
10.69	4.070	13820	7.67
10.79	4.070	13949	7.74
10.89	4.070	14079	7.81
10.99	4.070	14208	7.88
11.09	4.070	14337	7.96
11.19	4.070	14467	8.03
11.29	4.070	14596	8.10
11.39	4.070	14725	8.17
11.49	4.070	14854	8.24
11.59	4.070	14984	8.32
11.68	4.023	15100	8.38



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
11.79	4.070	15242	8.46	19.39	4.023	25068	13.91
11.89	4.070	15372	8.53	19.49	4.118	25197	13.98
11.99	4.070	15501	8.60	19.59	4.118	25326	14.05
12.09	4.070	15630	8.67	19.69	4.023	25455	14.13
12.19	4.070	15759	8.75	19.79	4.070	25585	14.20
12.29	4.023	15889	8.82	19.89	4.118	25714	14.27
12.39	4.023	16018	8.89	19.99	4.070	25843	14.34
12.49	4.023	16147	8.96	20.09	4.118	25973	14.41
12.59	4.118	16276	9.03	20.19	4.118	26102	14.49
12.69	4.070	16406	9.10	20.29	4.070	26231	14.56
12.79	4.070	16535	9.18	20.39	4.070	26360	14.63
12.89	4.118	16664	9.25	20.49	4.023	26490	14.70
12.99	4.070	16794	9.32	20.59	4.023	26619	14.77
13.09	4.118	16923	9.39	20.69	4.070	26748	14.84
13.19	4.070	17052	9.46	20.79	4.070	26878	14.92
13.25	4.118	17130	9.51	20.89	4.188	27007	14.99
13.39	4.070	17311	9.61	20.99	4.070	27136	15.06
13.49	4.070	17440	9.68	21.09	4.070	27265	15.13
13.59	4.070	17569	9.75	21.19	4.070	27395	15.20
13.69	4.070	17699	9.82	21.29	4.188	27524	15.27
13.75	4.070	17776	9.86	21.39	4.070	27653	15.35
13.85	4.430	17918	9.94	21.49	4.070	27782	15.42
13.96	4.118	18048	10.02	21.59	4.070	27912	15.49
14.08	4.118	18203	10.10	21.69	4.023	28041	15.56
14.19	4.070	18345	10.18	21.79	4.070	28170	15.63
14.29	4.070	18474	10.25	21.89	4.023	28300	15.70
14.39	4.070	18604	10.32	21.99	4.070	28429	15.78
14.49	4.070	18733	10.40	22.09	4.070	28558	15.85
14.59	4.070	18862	10.47	22.19	4.023	28687	15.92
14.69	4.070	18991	10.54	22.29	4.070	28817	15.99
14.79	4.078	19121	10.61	22.39	4.118	28946	16.06
14.89	4.070	19250	10.68	22.49	4.070	29075	16.14
14.99	4.070	19379	10.75	22.59	4.070	29205	16.21
15.06	4.070	19470	10.80	22.69	4.070	29334	16.28
15.19	4.070	19638	10.90	22.79	4.070	29463	16.35
15.29	4.070	19767	10.97	22.89	4.070	29592	16.42
15.38	4.167	19883	11.03	22.99	4.070	29722	16.49
15.49	4.070	20026	11.11	23.09	4.070	29851	16.57
15.59	4.070	20155	11.18	23.19	4.023	29980	16.64
15.68	4.118	20271	11.25	23.29	4.070	30110	16.71
15.79	4.023	20413	11.33	23.39	4.070	30239	16.78
15.89	4.070	20543	11.40	23.49	4.070	30368	16.85
15.99	4.070	20672	11.47	23.59	4.070	30497	16.92
16.09	4.070	20801	11.54	23.69	4.070	30627	17.00
16.19	4.070	20931	11.62	23.79	4.070	30756	17.07
16.29	4.167	21060	11.69	23.89	4.070	30885	17.14
16.39	4.070	21189	11.76	23.99	4.070	31015	17.21
16.49	4.070	21318	11.83	24.09	4.023	31144	17.28
16.59	4.070	21448	11.90	24.19	4.070	31273	17.35
16.69	4.070	21577	11.97	24.29	4.070	31402	17.43
16.79	4.118	21706	12.05	24.39	4.070	31532	17.50
16.89	4.118	21836	12.12	24.49	4.188	31661	17.57
16.99	4.070	21965	12.19	24.59	4.070	31790	17.64
17.09	4.070	22094	12.26	24.69	4.070	31919	17.71
17.19	4.070	22223	12.33	24.79	4.023	32049	17.79
17.29	4.070	22353	12.40	24.89	4.070	32178	17.86
17.39	4.070	22482	12.48	24.99	4.070	32307	17.93
17.49	4.188	22611	12.55	25.09	4.070	32437	18.00
17.59	4.070	22741	12.62	25.19	4.118	32566	18.07
17.69	4.070	22870	12.69	25.29	4.023	32695	18.14
17.79	4.070	22999	12.76	25.39	4.070	32824	18.22
17.89	4.070	23128	12.83	25.49	4.070	32954	18.29
17.99	4.070	23258	12.91	25.59	4.070	33083	18.36
18.09	4.070	23387	12.98	25.69	4.070	33212	18.43
18.19	4.070	23516	13.05	25.79	4.070	33342	18.50
18.29	4.188	23645	13.12	25.89	4.070	33471	18.57
18.39	4.070	23775	13.19	25.99	4.023	33600	18.65
18.49	4.070	23904	13.27	26.09	4.023	33729	18.72
18.59	4.070	24033	13.34	26.19	4.070	33859	18.79
18.69	4.118	24163	13.41	26.29	4.070	33988	18.86
18.79	4.070	24292	13.48	26.39	4.070	34117	18.93
18.89	4.070	24421	13.55	26.49	4.070	34247	19.00
18.99	4.118	24550	13.62	26.59	4.023	34376	19.08
19.09	4.070	24680	13.70	26.69	4.023	34505	19.15
19.19	4.070	24809	13.77	26.79	4.070	34634	19.22
19.29	4.070	24938	13.84	26.89	4.070	34764	19.29
				26.99	4.070	34893	19.36
				27.09	4.070	35022	19.44
				27.19	4.187	35152	19.51
				27.29	4.070	35281	19.58
				27.39	4.070	35410	19.65
				27.49	4.023	35539	19.72
				27.59	4.070	35669	19.79
				27.69	4.023	35798	19.87
				27.79	4.070	35927	19.94



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
27.89	4.070	36056	20.01
27.99	4.023	36186	20.08
28.09	4.023	36315	20.15
28.19	4.023	36444	20.22
28.29	4.023	36574	20.30
28.39	4.023	36703	20.37
28.49	4.023	36832	20.44
28.59	4.023	36961	20.51
28.69	4.023	37091	20.58
28.79	4.023	37220	20.65
28.89	4.023	37349	20.73
28.99	4.023	37479	20.80
29.09	4.070	37608	20.87
29.19	4.023	37737	20.94
29.29	4.118	37866	21.01
29.39	4.118	37996	21.09
29.49	4.118	38125	21.16
29.59	4.070	38254	21.23
29.69	4.070	38384	21.30
29.79	4.023	38513	21.37
29.89	4.023	38642	21.44
29.99	4.070	38771	21.52
30.09	4.070	38901	21.59
30.19	4.070	39030	21.66
30.29	4.070	39159	21.73
30.39	4.070	39289	21.80
30.49	4.070	39418	21.87
30.59	4.023	39547	21.95
30.69	4.070	39676	22.02
30.79	4.070	39806	22.09
30.89	4.070	39935	22.16
30.99	4.023	40064	22.23
31.09	4.070	40193	22.31
31.19	4.070	40323	22.38
31.29	4.023	40452	22.45
31.39	4.023	40581	22.52
31.49	4.023	40711	22.59
31.59	4.023	40840	22.66
31.69	4.070	40969	22.74
31.79	4.070	41098	22.81
31.89	4.070	41228	22.88
31.99	4.023	41357	22.95



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

UBICACIÓN: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta de 30*15 / P - 6

Material: Probetas de concreto

f _c	kg/cm ²	280
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		29/08/2022
Porcentaje de ensayo	%	Rotura

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	3.846	0	0.00	10.69	3.846	8968	4.98
0.29	3.889	243	0.14	10.89	3.889	9136	5.07
0.49	3.889	411	0.23	11.09	3.846	9303	5.16
0.69	3.846	579	0.32	11.29	3.846	9471	5.26
0.89	3.889	747	0.41	11.49	3.889	9639	5.35
1.09	3.846	914	0.51	11.69	3.846	9807	5.44
1.29	3.846	1082	0.60	11.89	3.889	9975	5.54
1.49	3.889	1250	0.69	12.09	3.846	10142	5.63
1.69	3.889	1418	0.79	12.29	3.846	10310	5.72
1.89	3.889	1586	0.88	12.49	3.889	10478	5.81
2.09	3.846	1753	0.97	12.69	3.846	10646	5.91
2.29	3.846	1921	1.07	12.89	3.889	10813	6.00
2.49	3.889	2089	1.16	13.09	3.846	10981	6.09
2.69	3.846	2257	1.25	13.29	3.804	11149	6.19
2.89	3.889	2424	1.35	13.49	3.846	11317	6.28
3.09	3.889	2592	1.44	13.69	3.846	11485	6.37
3.29	3.846	2760	1.53	13.89	3.889	11652	6.47
3.49	3.846	2928	1.62	14.09	3.846	11820	6.56
3.69	3.889	3096	1.72	14.29	3.889	11988	6.65
3.89	3.846	3263	1.81	14.49	3.846	12156	6.75
4.09	3.846	3431	1.90	14.69	3.846	12323	6.84
4.29	3.889	3599	2.00	14.89	3.889	12491	6.93
4.49	3.846	3767	2.09	15.09	3.846	12659	7.03
4.69	3.889	3934	2.18	15.29	3.846	12827	7.12
4.89	3.846	4102	2.28	15.49	3.846	12995	7.21
5.09	3.846	4270	2.37	15.69	3.889	13162	7.30
5.29	3.889	4438	2.46	15.89	3.846	13330	7.40
5.49	3.846	4606	2.56	16.09	3.846	13498	7.49
5.69	3.889	4773	2.65	16.29	3.889	13666	7.58
5.89	3.846	4941	2.74	16.49	3.846	13833	7.68
6.09	3.846	5109	2.84	16.69	3.804	14001	7.77
6.29	3.889	5277	2.93	16.89	3.846	14169	7.86
6.49	3.846	5444	3.02	17.09	3.846	14337	7.96
6.69	3.889	5612	3.11	17.29	3.846	14505	8.05
6.89	3.846	5780	3.21	17.49	3.889	14672	8.14
7.09	3.846	5948	3.30	17.69	3.846	14840	8.24
7.29	3.889	6116	3.39	17.89	3.804	15008	8.33
7.49	3.846	6283	3.49	18.09	3.804	15176	8.42
7.69	3.889	6451	3.58	18.29	3.804	15343	8.51
7.89	3.889	6619	3.67	18.49	3.763	15511	8.61
8.09	3.846	6787	3.77	18.69	3.763	15679	8.70
8.29	3.846	6954	3.86	18.89	2.491	15847	8.79
8.49	3.889	7122	3.95	19.09	2.491	16015	8.89
8.69	3.846	7290	4.05	19.29	2.966	16182	8.98
8.89	3.889	7458	4.14	19.49	2.966	16350	9.07
9.09	3.846	7626	4.23	19.69	3.763	16518	9.17
9.29	3.889	7793	4.32	19.89	3.763	16686	9.26
9.49	3.846	7961	4.42	20.09	2.966	16853	9.35
9.69	3.889	8129	4.51	20.29	2.966	17021	9.45
9.89	3.846	8297	4.60	20.49	2.966	17189	9.54
10.09	3.846	8464	4.70	20.69	3.763	17357	9.63
10.29	3.889	8632	4.79	20.89	3.763	17525	9.73
10.49	3.846	8800	4.88	21.09	2.966	17692	9.82
				21.29	2.966	17860	9.91
				21.49	2.966	18028	10.00



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
21.69	2.941	18196	10.10
21.89	2.966	18363	10.19
22.09	2.941	18531	10.28
22.29	2.941	18699	10.38
22.49	2.941	18867	10.47
22.69	2.941	19035	10.56
22.89	2.941	19202	10.66
23.09	2.917	19370	10.75
23.29	2.917	19538	10.84
23.49	2.917	19706	10.94
23.69	2.917	19874	11.03
23.89	2.941	20041	11.12
24.09	2.941	20209	11.21
24.29	2.941	20377	11.31
24.49	2.941	20545	11.40
24.69	2.917	20712	11.49
24.89	2.917	20880	11.59
25.09	2.941	21048	11.68
25.29	2.941	21216	11.77
25.49	2.917	21384	11.87
25.69	2.917	21551	11.96
25.89	2.941	21719	12.05
26.09	2.941	21887	12.15
26.29	2.941	22055	12.24
26.49	2.917	22222	12.33
26.69	2.917	22390	12.43
26.89	2.917	22558	12.52
27.09	2.941	22726	12.61
27.29	2.917	22894	12.70
27.49	2.966	23061	12.80
27.69	2.941	23229	12.89
27.89	2.966	23397	12.98
28.09	2.941	23565	13.08
28.29	2.941	23732	13.17
28.49	2.941	23900	13.26
28.69	2.917	24068	13.36
28.89	2.941	24236	13.45
29.09	2.941	24404	13.54
29.29	2.966	24571	13.64
29.49	2.966	24739	13.73
29.69	2.966	24907	13.82
29.89	2.966	25075	13.92
30.09	2.941	25242	14.01
30.29	2.941	25410	14.10
30.49	2.941	25578	14.19
30.69	2.966	25746	14.29
30.89	2.941	25914	14.38
31.09	2.491	26081	14.47
31.29	2.966	26249	14.57
31.49	2.966	26417	14.66
31.69	2.941	26585	14.75
31.89	2.941	26752	14.85
32.09	2.966	26920	14.94
32.29	2.966	27088	15.03
32.49	2.966	27256	15.13
32.69	2.941	27424	15.22
32.89	2.966	27591	15.31
33.09	2.941	27759	15.40
33.29	2.941	27927	15.50
33.49	2.941	28095	15.59
33.69	2.941	28262	15.68
33.89	2.941	28430	15.78
34.09	2.941	28598	15.87
34.29	2.966	28766	15.96
34.49	2.941	28934	16.06
34.69	2.941	29101	16.15
34.89	2.941	29269	16.24
35.09	2.966	29437	16.34
35.29	2.941	29605	16.43
35.49	2.966	29773	16.52
35.69	2.966	29940	16.62
35.89	2.966	30108	16.71

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
36.09	2.966	30276	16.80
36.29	2.966	30444	16.89
36.49	2.966	30611	16.99
36.69	2.991	30779	17.08
36.89	2.966	30947	17.17
37.09	2.991	31115	17.27
37.29	2.991	31283	17.36
37.49	2.966	31450	17.45
37.69	2.966	31618	17.55
37.89	2.966	31786	17.64
38.09	2.966	31954	17.73
38.29	2.966	32121	17.83
38.49	2.991	32289	17.92
38.69	2.991	32457	18.01
38.89	2.966	32625	18.10
39.09	2.966	32793	18.20
39.29	2.991	32960	18.29
39.49	2.991	33128	18.38
39.69	2.966	33296	18.48
39.89	2.966	33464	18.57
40.09	2.966	33631	18.66
40.29	2.966	33799	18.76
40.49	2.941	33967	18.85
40.69	2.966	34135	18.94
40.89	2.941	34303	19.04
41.09	2.941	34470	19.13
41.29	2.941	34638	19.22
41.49	2.966	34806	19.32
41.69	2.966	34974	19.41
41.89	2.941	35141	19.50
42.09	2.966	35309	19.59
42.29	2.941	35477	19.69
42.49	2.941	35645	19.78
42.69	2.941	35813	19.87
42.89	2.941	35980	19.97
43.09	2.941	36148	20.06
43.29	2.941	36316	20.15
43.49	2.966	36484	20.25
43.69	2.966	36651	20.34
43.89	2.941	36819	20.43
44.09	2.941	36987	20.53
44.29	2.941	37155	20.62
44.49	2.941	37323	20.71
44.69	2.941	37490	20.81
44.89	2.941	37658	20.90
45.09	2.966	37826	20.99
45.29	2.941	37994	21.08
45.49	2.966	38161	21.18
45.69	2.966	38329	21.27
45.89	2.966	38497	21.36
46.09	2.941	38665	21.46
46.29	2.893	38833	21.55
46.49	2.941	39000	21.64
46.69	2.941	39168	21.74
46.89	2.893	39336	21.83
47.09	2.893	39504	21.92
47.29	2.893	39672	22.02
47.49	2.941	39839	22.11
47.69	2.893	40007	22.20
47.89	2.893	40175	22.29
48.09	2.893	40343	22.39
48.29	2.397	40510	22.48
48.49	2.397	40678	22.57
48.69	2.893	40846	22.67
48.89	2.893	41014	22.76
49.09	3.804	41182	22.85
49.29	2.397	41349	22.95
49.49	2.893	41517	23.04
49.69	3.804	41685	23.13
49.89	3.804	41853	23.23
50.09	3.804	42020	23.32



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
50.29	2.893	42188	23.41
50.49	2.893	42356	23.51
50.69	3.804	42524	23.60
50.89	3.804	42692	23.69
51.09	3.763	42859	23.78
51.29	3.723	43027	23.88
51.49	3.763	43195	23.97
51.69	3.763	43363	24.06
51.89	3.723	43530	24.16
52.09	3.723	43698	24.25
52.29	3.723	43866	24.34
52.49	3.763	44034	24.44
52.69	3.723	44202	24.53
52.89	3.723	44369	24.62
53.09	3.723	44537	24.72
53.29	3.684	44705	24.81
53.49	3.723	44873	24.90
53.69	3.723	45040	24.99
53.89	3.684	45208	25.09
54.09	3.646	45376	25.18
54.29	3.723	45544	25.27
54.49	3.684	45712	25.37
54.69	3.646	45879	25.46
54.89	3.571	46047	25.55
55.09	3.571	46215	25.65
55.29	3.646	46383	25.74
55.49	3.571	46550	25.83
55.69	3.571	46718	25.93
55.89	3.535	46886	26.02
56.09	3.535	47054	26.11
56.29	3.646	47222	26.21
56.49	3.535	47389	26.30
56.69	3.535	47557	26.39
56.89	3.500	47725	26.48
57.09	3.431	47893	26.58
57.29	3.431	48060	26.67
57.49	3.431	48228	26.76
57.69	3.431	48396	26.86
57.89	3.302	48564	26.95
58.09	3.333	48732	27.04
58.29	3.333	48899	27.14
58.49	3.431	49067	27.23
58.69	3.302	49235	27.32
58.89	3.333	49403	27.42
59.09	3.271	49571	27.51
59.29	3.271	49738	27.60
59.49	3.271	49906	27.70
59.69	3.333	50074	27.79
59.89	3.333	50242	27.88
60.09	3.241	50409	27.97
60.29	3.241	50577	28.07
60.49	3.070	50745	28.16
60.69	3.070	50913	28.25
60.89	3.241	51081	28.35
61.09	3.125	51248	28.44
61.29	3.241	51416	28.53
61.49	2.365	51584	28.63
61.69	2.035	51752	28.72
61.89	2.035	51919	28.81
62.09	2.365	52087	28.91
62.29	2.035	52255	29.00
62.49	2.035	52423	29.09
62.69	2.035	52591	29.18
62.89	2.035	52758	29.28
63.09	2.011	52926	29.37
63.29	2.035	53094	29.46
63.49	1.934	53262	29.56
63.69	1.934	53429	29.65
63.89	1.862	53597	29.74
64.09	0.581	53765	29.84



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

Total de Pgs: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 3

Material: Probetas de concreto

f_c	kg/cm ²	380
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		29/08/2022
Porcentaje de ensayo	%	50

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	4.290	0	0.00
0.29	4.284	831	0.46
0.49	4.286	949	0.53
0.69	4.339	1042	0.58
1.09	4.331	1230	0.68
1.29	4.333	1326	0.74
1.49	4.332	1423	0.79
1.69	4.333	1511	0.84
1.89	4.332	1650	0.92
2.09	4.331	1734	0.96
2.29	4.335	1819	1.01
2.49	4.339	1906	1.06
2.69	4.186	2000	1.11
2.89	4.238	2104	1.17
3.09	4.344	2300	1.28
3.29	4.345	2402	1.33
3.49	4.346	2504	1.39
3.69	4.347	2603	1.44
3.89	4.340	2715	1.51
4.09	4.187	2961	1.64
4.29	4.187	3095	1.72
4.49	4.290	3226	1.79
4.69	4.293	3371	1.87
4.89	4.292	3515	1.95
5.09	4.238	3821	2.12
5.29	4.187	3982	2.21
5.49	4.181	4147	2.30
5.69	4.185	4321	2.40
5.89	4.182	4500	2.50
6.09	4.189	4682	2.60
6.29	4.184	5075	2.82
6.49	4.187	5269	2.92
6.89	4.238	5863	3.25
7.09	4.238	6076	3.37
7.49	4.294	6288	3.49
7.69	4.289	6731	3.74
7.89	4.285	6958	3.86
8.09	4.284	7177	3.98
8.29	4.291	7392	4.10
8.49	4.344	7649	4.24
8.69	4.187	7849	4.36
8.89	4.238	8307	4.61
9.09	4.187	8521	4.73
9.29	4.181	8765	4.86
9.49	4.187	8993	4.99
9.69	4.183	9219	5.12
9.89	4.238	9446	5.24
10.09	4.240	9899	5.49
10.29	4.231	10124	5.62
10.49	4.242	10365	5.75
10.69	4.235	10628	5.90
10.89	4.232	10876	6.04

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
11.09	4.239	11123	6.17
11.29	4.229	11386	6.32
11.49	4.293	11620	6.45
11.69	4.287	11839	6.57
12.09	4.290	12521	6.95
12.29	4.285	12760	7.08
12.49	4.281	12989	7.21
12.69	4.293	13220	7.34
12.89	4.282	13684	7.59
13.09	4.294	13914	7.72
13.29	4.286	14154	7.85
13.49	4.281	14402	7.99
13.69	4.284	14642	8.13
13.89	4.287	14877	8.26
14.09	4.292	15141	8.40
14.29	4.296	15584	8.65
14.49	4.291	15806	8.77
14.69	4.295	16036	8.90
14.89	4.284	16256	9.02
15.09	4.279	16489	9.15
15.29	4.294	16696	9.27
15.49	4.297	16920	9.39
15.69	4.291	17142	9.51
15.89	4.292	17569	9.75
16.09	4.284	17780	9.87
16.29	4.283	17972	9.97
16.49	4.283	18142	10.07
16.69	4.286	18298	10.15
16.89	4.287	18429	10.23
17.09	4.287	18567	10.30
17.29	4.238	18826	10.45
17.49	4.235	18966	10.53
17.69	4.238	19089	10.59
18.09	4.290	19339	10.73
18.29	4.292	19462	10.80
18.49	4.287	19581	10.87
18.69	4.294	19819	11.00
18.89	4.290	19936	11.06
19.09	4.290	20051	11.13
19.29	4.344	20174	11.20
19.49	4.348	20286	11.26
19.69	4.341	20404	11.32
19.89	4.338	20522	11.39
20.09	4.345	20639	11.45
20.29	4.343	20863	11.58
20.49	4.349	20975	11.64
20.69	4.338	21089	11.70
20.89	4.337	21211	11.77
21.09	4.344	21324	11.83
21.29	4.290	21441	11.90
21.49	4.290	21553	11.96
21.69	4.344	21793	12.09
21.89	4.348	21955	12.18



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
22.09	4.341	22176	12.31
22.29	4.338	22436	12.45
22.49	4.345	22702	12.60
22.69	4.343	22979	12.75
22.89	4.344	23250	12.90
23.09	4.344	23526	13.06
23.29	4.341	24074	13.36
23.49	4.339	24361	13.52
23.69	4.344	24630	13.67
23.89	4.290	24909	13.82
24.09	4.287	25215	13.99
24.29	4.283	25470	14.13
24.49	4.230	25760	14.30
24.69	4.235	26324	14.61
24.89	4.238	26622	14.77
25.09	4.860	26901	14.93
25.29	4.290	27183	15.09
25.49	4.287	27464	15.24
25.69	4.275	27781	15.42
25.89	4.238	28053	15.57
26.09	4.235	28654	15.90
26.29	4.238	28955	16.07
26.49	4.290	29274	16.25
26.69	4.284	29581	16.42
26.89	4.287	29891	16.59
27.09	4.287	30199	16.76
27.29	4.238	30539	16.95
27.49	4.235	31163	17.29
27.69	4.238	31487	17.47
27.89	4.290	31811	17.65
28.09	4.290	32144	17.84
28.29	4.238	32473	18.02
28.49	4.238	32798	18.20
28.69	4.238	33821	18.77



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

Total de Pgs: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 3

Material: Probetas de concreto

f _c	kg/cm ²	380
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		29/08/2022
Porcentaje de ensayo	%	Rotura

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	4.137	0	0.00
0.29	4.137	1282	0.71
0.49	4.041	1656	0.92
0.69	4.041	1805	1.00
0.89	4.068	1909	1.06
1.09	4.344	1993	1.11
1.29	4.344	2117	1.17
1.49	4.344	2223	1.23
1.69	3.994	2421	1.34
1.89	4.041	2530	1.40
2.09	4.041	2657	1.47
2.29	4.041	2778	1.54
2.49	4.068	2920	1.62
2.69	4.344	3218	1.79
2.89	4.344	3571	1.98
3.09	4.344	3701	2.05
3.29	3.994	3886	2.16
3.49	4.041	4057	2.25
3.69	4.041	4253	2.36
3.89	4.041	4452	2.47
4.09	4.041	4647	2.58
4.29	4.068	4853	2.69
4.49	4.344	5065	2.81
4.69	4.344	5265	2.92
4.89	4.344	5715	3.17
5.09	3.994	5937	3.29
5.29	4.041	6163	3.42
5.49	4.344	6389	3.55
5.69	4.344	6627	3.68
5.89	3.994	6874	3.81
6.09	4.041	7126	3.95
6.29	4.041	7375	4.09
6.49	4.041	7877	4.37
6.69	4.068	8129	4.51
6.89	4.344	8384	4.65
7.09	4.344	8675	4.81
7.29	4.344	8918	4.95
7.49	3.994	9165	5.09
7.69	4.041	9428	5.23
7.89	4.041	9977	5.54
8.09	4.041	10253	5.69
8.29	4.088	10543	5.85
8.49	4.088	10848	6.02
8.69	4.088	11427	6.34
8.89	4.088	11728	6.51
9.09	4.088	12052	6.69
9.29	4.187	12351	6.85
9.49	4.187	12645	7.02
9.69	3.994	12960	7.19
9.89	3.994	13274	7.37
10.09	4.041	13605	7.55

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
10.29	4.041	13926	7.73
10.49	4.088	14581	8.09
10.69	4.088	14908	8.27
10.89	4.187	15283	8.48
11.09	4.187	15587	8.65
11.29	4.187	15940	8.85
11.49	4.187	16632	9.23
11.69	3.961	16632	9.23
11.89	4.041	17353	9.63
12.09	4.137	17709	9.83
12.29	4.137	18078	10.03
12.49	4.088	18819	10.44
12.69	4.187	19556	10.85
13.29	3.994	19939	11.07
13.49	3.994	20339	11.29
13.69	4.041	21083	11.70
13.89	4.041	21451	11.90
14.09	4.088	21823	12.11
14.29	4.088	22203	12.32
14.49	4.187	22586	12.53
14.69	4.187	22976	12.75
14.89	3.961	23363	12.97
15.09	4.041	24151	13.40
15.29	4.137	24547	13.62
15.49	4.137	24952	13.85
15.69	3.861	25357	14.07
15.89	4.187	25762	14.30
16.09	4.137	26193	14.54
16.29	4.187	26601	14.76
16.49	4.088	27438	15.23
16.69	4.187	27889	15.48
16.89	4.088	28296	15.70
17.09	4.088	28728	15.94
17.29	4.127	29155	16.18
17.49	4.088	29587	16.42
17.69	4.127	30036	16.67
17.89	4.137	30474	16.91
18.09	4.187	30926	17.16
18.29	4.088	31842	17.67
18.49	4.137	32316	17.93
18.69	3.904	32778	18.19
18.89	4.236	33245	18.45
19.09	4.137	34187	18.97
19.29	4.088	34676	19.24
19.49	4.137	35158	19.51
19.69	4.344	35636	19.78
19.89	4.188	36152	20.06
20.09	4.187	36603	20.31
20.29	4.041	37102	20.59
20.49	4.137	37590	20.86
20.69	4.137	38597	21.42



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
20.89	4.137	39086	21.69
21.09	4.041	39590	21.97
21.29	4.088	40085	22.24
21.49	4.041	40606	22.53
21.69	3.861	41612	23.09
22.09	4.041	42612	23.65
22.29	4.137	43136	23.94
22.49	4.137	43630	24.21
22.69	4.041	44150	24.50
22.89	4.041	44658	24.78
23.09	4.187	45170	25.07
23.29	4.041	45692	25.36
23.49	4.137	46199	25.64
23.69	4.187	47222	26.21
23.89	4.137	47757	26.50
24.09	4.137	48236	26.77
24.29	4.137	48740	27.05
24.49	4.187	49241	27.33
24.69	4.137	50226	27.87
24.89	4.088	50708	28.14
25.29	4.041	51194	28.41
25.49	4.088	52131	28.93
25.69	3.949	52613	29.20
25.89	4.041	53049	29.44
26.09	4.041	53510	29.69
26.29	4.080	53961	29.95
26.49	3.949	54402	30.19
26.69	3.949	54842	30.43
26.89	4.041	55432	30.76
27.09	4.041	56157	31.16
27.29	3.994	56579	31.40
27.49	3.949	57005	31.63
27.69	3.994	57432	31.87
27.89	4.088	57847	32.10
28.09	3.949	58657	32.55
28.29	4.344	59076	32.78
28.49	4.137	59479	33.01
28.69	3.904	59873	33.23
28.89	3.861	60283	33.45
29.09	3.737	60668	33.67
29.29	3.819	61048	33.88
29.49	3.737	61420	34.08
29.69	3.904	61785	34.29
29.89	3.819	62167	34.50
30.09	3.904	62872	34.89
30.29	3.697	63218	35.08
30.49	3.904	63587	35.29
30.69	3.737	63895	35.46
30.89	3.819	64359	35.72
31.09	3.777	64870	36.00
31.29	3.777	65185	36.17
31.69	3.819	65475	36.33
31.89	3.777	66019	36.64
32.09	3.819	66489	36.90
32.49	3.582	66700	37.01
32.69	3.441	66875	37.11
32.89	3.407	67044	37.21
33.09	3.658	67172	37.28
33.29	2.500	66970	37.16



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

Total de Pgs: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 5

Material: Probetas de concreto

f _c	kg/cm ²	400
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		02/09/2022
Porcentaje de ensayo	%	50

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0	4.235	0	0.00
0.29	4.106	858	0.48
0.49	4.181	980	0.54
0.69	4.186	1114	0.62
0.89	4.235	1238	0.69
1.09	4.186	1350	0.75
1.29	4.191	1568	0.87
1.49	4.186	1669	0.93
1.69	4.183	1750	0.97
1.89	4.193	1826	1.01
2.09	4.175	1911	1.06
2.29	4.181	2062	1.14
2.49	4.183	2171	1.20
2.69	4.182	2232	1.24
2.89	4.188	2329	1.29
3.09	4.138	2546	1.41
3.29	4.191	2628	1.46
3.49	4.138	2734	1.52
3.69	4.181	2820	1.56
3.89	4.192	2969	1.65
4.09	4.175	3114	1.73
4.29	4.183	3246	1.80
4.49	4.176	3505	1.95
4.69	4.138	3658	2.03
4.89	4.186	3903	2.17
5.09	4.180	3979	2.21
5.29	4.235	4059	2.25
5.49	4.138	4128	2.29
5.69	4.138	4191	2.33
5.89	4.133	4244	2.36
6.09	4.129	4323	2.40
6.29	4.125	4424	2.46
6.49	4.123	4634	2.57
6.69	4.141	4812	2.67
7.09	4.146	4928	2.73
7.29	4.146	5057	2.81
7.49	4.138	5134	2.85
7.69	4.133	5260	2.92
7.89	4.133	5409	3.00
8.09	4.133	5608	3.11
8.29	4.140	5726	3.18
8.49	4.141	5832	3.24
8.69	4.138	6088	3.38
8.89	4.136	6186	3.43
9.09	4.133	6328	3.51
9.29	4.133	6441	3.57
9.49	4.129	6573	3.65
9.69	4.136	6692	3.71
9.89	4.125	6692	3.71
10.09	4.120	6962	3.86
10.29	4.136	7090	3.93
10.49	4.136	7350	4.08
10.69	4.133	7500	4.16

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
10.89	4.128	7765	4.31
11.09	4.121	7881	4.37
11.29	4.133	8053	4.47
11.49	4.136	8194	4.55
11.69	4.138	8311	4.61
11.89	4.186	8462	4.70
12.09	4.136	8767	4.87
12.29	4.136	8925	4.95
12.49	4.183	9051	5.02
12.69	4.183	9214	5.11
12.89	4.136	9380	5.21
13.09	4.133	9515	5.28
13.29	4.133	9689	5.38
13.49	4.136	9837	5.46
13.69	4.129	10168	5.64
13.89	4.136	10364	5.75
14.09	4.135	10540	5.85
14.29	4.133	10705	5.94
14.49	4.136	10870	6.03
14.69	4.136	11059	6.14
14.89	4.187	11235	6.23
15.09	4.191	11394	6.32
15.29	4.186	11769	6.53
15.49	4.136	11954	6.63
15.69	4.120	12151	6.74
15.89	4.128	12298	6.82
16.09	4.133	12475	6.92
16.29	4.138	12662	7.03
16.49	4.136	12857	7.13
16.69	4.186	13234	7.34
16.89	4.187	13422	7.45
17.09	4.183	13616	7.56
17.29	4.186	13820	7.67
17.49	4.186	13987	7.76
17.69	4.186	14185	7.87
17.89	4.127	14552	8.08
18.09	4.138	14760	8.19
18.29	4.126	14953	8.30
18.49	4.126	15150	8.41
18.69	4.186	15338	8.51
18.89	4.186	15539	8.62
19.09	4.138	15735	8.73
19.29	4.186	15935	8.84
19.49	4.138	16335	9.06
19.69	4.180	16530	9.17
19.89	4.138	16724	9.28
20.09	4.186	16924	9.39
20.29	4.186	17129	9.51
20.49	4.186	17326	9.61
20.69	4.129	17719	9.83
20.89	4.133	17918	9.94
21.09	4.133	18123	10.06
21.29	4.186	18312	10.16



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
21.49	4.186	18523	10.28
21.69	4.138	18704	10.38
21.89	4.186	18893	10.48
22.09	4.138	19090	10.59
22.29	4.186	19283	10.70
22.49	4.138	19661	10.91
22.69	4.187	19854	11.02
22.89	4.186	20042	11.12
23.09	4.186	20244	11.23
23.29	4.186	20432	11.34
23.49	4.186	20615	11.44
23.69	4.183	20983	11.64
23.89	4.183	21175	11.75
24.09	4.186	21356	11.85
24.29	4.186	21543	11.96
24.49	4.187	21725	12.06
24.69	4.191	21907	12.16
24.89	4.193	22100	12.26
25.09	4.175	22284	12.37
25.29	4.180	22489	12.48
25.49	4.186	22670	12.58
25.69	4.186	23047	12.79
25.89	4.138	23237	12.90
26.09	4.142	23410	12.99
26.29	4.142	23602	13.10
26.49	4.186	23779	13.20
26.69	4.186	24153	13.40
26.89	4.138	24340	13.51
27.09	4.186	24590	13.65
27.29	4.138	24697	13.71
27.49	4.186	24871	13.80
27.69	4.138	25036	13.89
27.89	4.191	25205	13.99
28.09	4.190	25374	14.08
28.29	4.175	25693	14.26
28.49	4.180	25869	14.36
28.69	4.180	26020	14.44
28.89	4.186	26163	14.52
29.09	4.183	26309	14.60
29.29	4.192	26478	14.69
29.49	4.186	26762	14.85
29.69	4.186	26905	14.93
29.89	4.138	27047	15.01
30.09	4.140	27190	15.09
30.29	4.131	27334	15.17
30.49	4.133	27463	15.24
30.69	4.186	27620	15.33
30.89	4.138	27760	15.41
31.09	4.186	27900	15.48
31.29	4.138	28055	15.57
31.49	4.186	28189	15.64
31.69	4.138	28356	15.74
31.89	4.186	28643	15.90
32.09	4.185	28943	16.06
32.29	4.186	29096	16.15
32.49	4.176	29242	16.23
32.69	4.176	29388	16.31

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
32.89	4.176	29531	16.39
33.09	4.193	29675	16.47
33.29	4.186	29813	16.54
33.49	4.138	29969	16.63
33.69	4.091	30109	16.71
33.89	4.091	30252	16.79
34.09	4.089	30401	16.87
34.29	4.091	30544	16.95
34.49	4.091	30692	17.03
34.69	4.089	30857	17.12
34.89	4.091	31018	17.21
35.09	4.093	31359	17.40
35.29	4.089	31569	17.52
35.49	4.091	31784	17.64
35.69	4.091	32003	17.76
35.89	4.085	32423	17.99
36.09	4.085	32645	18.12
36.29	4.091	32843	18.23
36.49	4.091	33057	18.34
36.69	4.091	33266	18.46
36.89	4.093	33488	18.58
37.09	4.090	33688	18.69
37.29	4.091	33894	18.81
37.49	4.091	34097	18.92
37.69	4.091	34314	19.04
37.89	4.091	34524	19.16
38.09	4.091	34742	19.28
38.29	4.091	35152	19.51
38.49	4.091	35370	19.63
38.69	4.090	35804	19.87
38.89	4.087	36004	19.98
39.09	4.091	36223	20.10
39.29	4.091	36424	20.21



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

Total de Pgs: -

PROYECTO :	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS
TESISTA:	Bach. Roberto B. Caceres Flores
Datos:	Probeta 30*15 / P - 5 Material: Probetas de concreto

fc	kg/cm2	400
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		02/09/2022
Porcentaje de ensayo	%	ROTURA

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0.00	4.138	0	0.00
0.29	4.337	539	0.30
0.49	4.186	601	0.33
0.69	4.186	949	0.53
0.89	4.235	1090	0.60
1.09	4.337	1326	0.74
1.29	4.065	1518	0.84
1.49	4.186	1684	0.93
1.69	4.186	1807	1.00
1.89	4.191	1905	1.06
2.09	4.186	2040	1.13
2.29	4.190	2123	1.18
2.49	4.186	2307	1.28
2.69	4.186	2421	1.34
2.89	4.276	2530	1.40
3.09	4.280	2764	1.53
3.29	4.292	2892	1.60
3.49	4.286	3029	1.68
3.69	4.286	3208	1.78
3.89	4.045	3477	1.93
4.09	4.045	3605	2.00
4.29	4.043	3762	2.09
4.49	4.043	3911	2.17
4.69	4.045	4070	2.26
4.89	4.045	4221	2.34
5.09	4.138	4545	2.52
5.29	4.138	4753	2.64
5.49	4.138	4888	2.71
5.69	4.138	5071	2.81
5.89	4.138	5242	2.91
6.09	4.138	5595	3.10
6.29	4.138	5775	3.20
6.49	4.045	5955	3.30
6.69	4.138	6158	3.42
6.89	4.138	6339	3.52
7.09	4.045	6730	3.73
7.29	4.138	6928	3.84
7.49	4.138	7132	3.96
7.69	4.138	7336	4.07
7.89	4.138	7541	4.18
8.09	4.138	7780	4.32
8.29	4.138	7959	4.42
8.49	4.138	8156	4.53
8.69	4.138	8352	4.63
8.89	4.045	8555	4.75
9.09	4.045	8758	4.86
9.29	4.045	8960	4.97
9.49	4.045	9161	5.08
9.69	4.045	9390	5.21
9.89	4.045	9784	5.43
10.09	4.045	9992	5.54

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
10.29	4.138	10202	5.66
10.49	4.138	10422	5.78
10.69	4.138	10669	5.92
10.89	4.045	10878	6.04
11.09	4.045	11341	6.29
11.29	4.138	11555	6.41
11.49	4.138	11756	6.52
11.69	4.045	11970	6.64
11.89	4.138	12137	6.74
12.09	4.138	12322	6.84
12.29	4.045	12719	7.06
12.49	4.138	12917	7.17
12.69	4.138	13151	7.30
12.89	4.138	13554	7.52
13.09	4.138	13765	7.64
13.29	4.138	13996	7.77
13.49	4.138	14237	7.90
13.69	4.045	14483	8.04
13.89	4.045	14721	8.17
14.09	4.045	15005	8.33
14.29	4.045	15303	8.49
14.49	4.045	15588	8.65
14.69	4.045	15904	8.83
14.89	4.045	16195	8.99
15.09	4.045	16799	9.32
15.29	4.138	17133	9.51
15.49	4.138	17427	9.67
15.69	4.045	17726	9.84
15.89	4.045	18361	10.19
16.09	4.045	18676	10.36
16.29	4.045	19013	10.55
16.49	4.138	19327	10.73
16.69	4.045	19648	10.90
16.89	4.045	20290	11.26
17.09	4.138	20927	11.61
17.29	4.138	20952	11.63
17.49	4.045	21278	11.81
17.69	4.045	21599	11.99
17.89	4.045	21918	12.16
18.09	4.045	22251	12.35
18.29	4.045	22580	12.53
18.49	4.045	22902	12.71
18.69	4.045	23236	12.89
18.89	4.045	23577	13.08
19.09	4.138	23911	13.27
19.29	4.138	24580	13.64
19.49	4.138	24828	13.78
19.69	4.138	25609	14.21
20.09	4.045	25956	14.40
20.29	4.045	26304	14.60
20.49	4.045	27019	14.99
20.69	4.045	27376	15.19
20.89	4.045	27737	15.39



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
20.69	4.045	27376	15.19
20.89	4.045	27737	15.39
21.09	4.045	28106	15.60
21.29	4.138	28468	15.80
21.49	4.138	28831	16.00
21.69	4.138	29181	16.19
21.89	4.138	29533	16.39
22.09	4.138	29893	16.59
22.29	4.138	30241	16.78
22.49	4.138	30598	16.98
22.69	4.045	30973	17.19
22.89	4.045	31357	17.40
23.09	4.045	32495	18.03
23.29	4.045	32495	18.03
23.49	4.045	32880	18.25
23.69	4.045	33280	18.47
23.89	4.045	33665	18.68
24.09	4.138	34055	18.90
24.29	4.138	34454	19.12
24.49	4.138	34851	19.34
24.69	4.045	35265	19.57
24.89	4.045	35656	19.79
25.09	4.138	36052	20.01
25.29	4.045	36477	20.24
25.49	4.138	36852	20.45
25.69	4.138	37252	20.67
25.89	4.138	38478	21.35
26.09	4.045	39292	21.80
26.29	4.045	39686	22.02
26.49	4.045	40109	22.26
26.69	4.138	40511	22.48
26.89	4.138	40915	22.71
27.09	4.138	41311	22.93
27.29	4.045	41715	23.15
27.49	4.045	42153	23.39
27.69	4.045	42542	23.61
27.89	4.045	42963	23.84
28.09	4.045	43375	24.07
28.29	4.040	44221	24.54
28.49	4.045	44627	24.77
28.69	4.045	45036	24.99
28.89	4.045	45436	25.21
29.09	4.138	45871	25.46
29.29	4.045	46279	25.68
29.49	4.045	46695	25.91
29.69	4.138	47109	26.14
29.89	4.045	47523	26.37
30.09	4.138	47945	26.61
30.29	4.138	48343	26.83
30.49	4.138	49174	27.29
30.69	4.045	49610	27.53
30.89	4.045	49987	27.74
31.09	4.045	50412	27.98
31.29	4.186	50819	28.20
31.49	4.186	51637	28.66
31.69	4.186	52056	28.89
31.89	4.186	52452	29.11
32.09	4.235	52844	29.33
32.29	4.091	53245	29.55
32.49	4.045	53667	29.78
32.69	4.390	54440	30.21
32.89	4.091	54828	30.43
33.09	4.091	55225	30.65

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
33.29	4.186	55608	30.86
33.49	4.235	55986	31.07
33.69	4.235	56357	31.27
33.89	4.000	56730	31.48
34.09	4.138	57467	31.89
34.29	4.091	57824	32.09
34.49	3.956	58543	32.49
34.69	3.956	58911	32.69
34.89	4.045	59264	32.89
35.09	4.045	59982	33.29
35.29	4.045	60326	33.48
35.49	4.045	60681	33.67
35.69	4.045	61026	33.87
35.89	4.045	61717	34.25
36.09	3.956	62045	34.43
36.29	3.956	62379	34.62
36.49	4.045	62714	34.80
36.69	4.045	63047	34.99
36.89	4.045	63726	35.36
37.09	4.235	64377	35.73
37.29	4.000	64702	35.91
37.49	4.138	65357	36.27
37.69	4.091	65982	36.62
37.89	4.235	66617	36.97
38.09	4.000	66927	37.14
38.29	4.138	67236	37.31
38.49	3.956	67848	37.65
38.69	3.956	68428	37.97
38.89	3.871	68534	38.03
39.09	3.798	68724	38.14
39.29	3.871	69023	38.30
39.49	3.871	69307	38.46
39.69	3.798	69596	38.62
39.89	3.798	69870	38.77
40.09	3.798	70161	38.94
40.29	3.750	70435	39.09
40.49	3.830	70964	39.38
40.69	4.045	71227	39.53
40.89	3.789	71480	39.67
41.09	3.636	71735	39.81
41.29	3.711	71979	39.94
41.49	3.495	72218	40.08
41.69	3.871	72458	40.21
41.89	3.798	72924	40.47
42.09	3.871	73351	40.71
42.29	3.673	73556	40.82
42.49	3.636	73763	40.93
42.69	3.462	74123	41.13
42.89	3.673	74295	41.23
43.09	3.495	74468	41.33
43.29	3.564	74597	41.40
43.49	3.333	74725	41.47
43.69	3.333	74831	41.53
43.89	3.636	74928	41.58
44.09	3.364	74965	41.60
44.29	3.600	74986	41.61
44.49	3.913	74974	41.61
44.69	0.642	74916	41.57
44.89	0.642	74552	41.37



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

Total de Pgs: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 8

Material: Probetas de concreto

f _c	kg/cm ²	400
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		02/09/2022
Porcentaje de ensayo	%	75

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0.00	3.519	0	0.00
0.29	3.554	8963	4.97
0.49	3.519	1128	0.63
0.69	3.486	1330	0.74
0.89	3.486	1519	0.84
1.09	3.554	1918	1.06
1.29	3.486	2138	1.19
1.49	3.486	2312	1.28
1.69	3.519	2499	1.39
1.89	3.519	2672	1.48
2.09	3.486	2858	1.59
2.29	3.625	3038	1.69
2.49	3.518	3401	1.89
2.69	3.519	3580	1.99
2.89	3.486	3779	2.10
3.09	3.519	3961	2.20
3.29	4.386	4141	2.30
3.49	3.519	4528	2.51
3.69	3.519	4758	2.64
3.89	3.519	4936	2.74
4.09	3.486	5144	2.85
4.29	3.486	5334	2.96
4.49	3.519	5544	3.08
4.69	3.486	5749	3.19
4.89	3.519	5953	3.30
5.09	3.662	6390	3.55
5.29	3.486	6619	3.67
5.49	3.699	6837	3.79
5.69	3.625	7067	3.92
5.89	4.770	7301	4.05
6.09	3.486	7536	4.18
6.29	3.519	8002	4.44
6.49	3.452	8249	4.58
6.69	3.486	8504	4.72
6.89	3.486	8751	4.86
7.09	3.486	9002	5.00
7.29	4.215	9254	5.14
7.49	3.420	9754	5.41
7.69	3.519	10018	5.56
7.89	3.486	10297	5.71
8.09	3.519	10576	5.87
8.29	3.554	10855	6.02
8.49	3.519	11127	6.17
8.69	3.519	11418	6.34
8.89	3.486	11978	6.65
9.09	3.486	12258	6.80
9.29	3.486	12541	6.96
9.49	3.486	12857	7.13
9.69	3.486	13133	7.29
9.89	3.486	13417	7.45
10.09	3.519	13999	7.77

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
10.29	3.519	14292	7.93
10.49	3.519	14605	8.10
10.69	3.486	14919	8.28
10.89	3.519	15214	8.44
11.09	3.519	15520	8.61
11.29	3.452	15844	8.79
11.49	3.486	16186	8.98
11.69	3.519	16809	9.33
11.89	3.486	17130	9.51
12.09	3.486	17460	9.69
12.29	3.519	17824	9.89
12.49	3.519	18128	10.06
12.69	3.519	18467	10.25
12.89	3.554	19152	10.63
13.09	3.486	19493	10.82
13.29	3.519	19852	11.02
13.49	3.519	20217	11.22
13.69	3.486	20564	11.41
13.89	3.486	20914	11.61
14.09	3.486	21274	11.81
14.29	3.486	21634	12.01
14.49	3.486	22341	12.40
14.69	3.486	22697	12.60
14.89	3.486	23100	12.82
15.09	3.486	23442	13.01
15.29	3.519	23822	13.22
15.49	3.519	24195	13.43
15.69	3.816	24578	13.64
15.89	3.519	25364	14.08
16.09	3.519	25756	14.29
16.29	3.519	26156	14.52
16.49	3.519	26565	14.74
16.69	3.519	26964	14.96
16.89	3.519	27373	15.19
17.09	3.486	27779	15.42
17.29	3.452	28219	15.66
17.49	3.554	29028	16.11
17.69	3.519	29438	16.34
17.89	3.519	29848	16.56
18.09	4.119	30273	16.80
18.29	3.554	30695	17.03
18.49	3.519	31125	17.27
18.69	3.625	32007	17.76
18.89	3.519	32443	18.00
19.09	3.519	32869	18.24
19.29	3.519	33295	18.48
19.49	3.519	33758	18.73
19.69	3.519	34170	18.96
19.89	3.625	34588	19.19
20.09	3.554	35436	19.66
20.29	3.519	35879	19.91
20.49	3.519	36299	20.14



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
20.69	3.519	36724	20.38
20.89	3.554	37140	20.61
21.09	3.452	37564	20.85
21.29	3.519	37967	21.07
21.49	3.776	38390	21.30
21.69	3.519	39223	21.77
21.89	3.554	39618	21.99
22.09	3.519	40020	22.21
22.29	3.984	40411	22.43
22.49	3.519	40792	22.64
22.69	3.554	41188	22.86
22.89	3.519	41963	23.29
23.09	3.519	42344	23.50
23.29	3.519	42759	23.73
23.49	3.554	43127	23.93
23.69	3.420	43514	24.15
23.89	3.519	43894	24.36
24.09	3.519	44275	24.57
24.29	3.519	44659	24.78
24.49	3.554	45052	25.00
24.69	3.519	45433	25.21
24.89	3.420	45812	25.42
25.09	3.452	46573	25.85
25.29	3.519	46944	26.05
25.49	3.486	47317	26.26
25.69	3.662	47686	26.46
25.89	3.486	48057	26.67
26.09	3.984	48823	27.09
26.29	3.519	49188	27.30
26.49	3.486	49577	27.51
26.69	3.420	49935	27.71
26.89	3.452	50311	27.92
27.09	3.486	50678	28.12
27.29	3.486	51046	28.33
27.49	3.452	51419	28.53
27.69	3.519	51787	28.74
27.89	3.625	52499	29.13
28.09	3.432	52852	29.33
28.29	3.486	53231	29.54
28.49	3.529	53580	29.73
28.69	3.486	53935	29.93
28.89	3.486	54284	30.12
29.09	3.452	54785	30.40



REPORTE DE ENSAYO MEDICION DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO

Fecha: -

Total de Pgs: -

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

TESISTA: Bach. Roberto B. Caceres Flores

Datos: Probeta 30*15 / P - 8

Material: Probetas de concreto

f_c	kg/cm ²	400
Fecha de Ensayo		
Fecha de Vaciado		02/09/2022
Porcentaje de ensayo	%	ROTURA

DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
0.00	3.486	0	0.00
0.29	3.452	664	0.37
0.49	4.265	975	0.54
0.69	3.486	1165	0.65
0.89	3.940	1375	0.76
1.09	4.119	1587	0.88
1.29	3.486	1768	0.98
1.49	3.519	2119	1.18
1.69	3.452	2281	1.27
1.89	3.486	2454	1.36
2.09	3.486	2640	1.47
2.29	3.554	2805	1.56
2.49	3.452	2967	1.65
2.69	3.420	3345	1.86
2.89	3.420	3537	1.96
3.09	3.486	3727	2.07
3.29	3.452	3940	2.19
3.49	3.486	4190	2.33
3.69	3.452	4602	2.55
3.89	3.452	4842	2.69
4.09	3.737	5073	2.82
4.29	3.388	5298	2.94
4.49	3.406	5526	3.07
4.69	3.420	5796	3.22
4.89	4.119	6000	3.33
5.09	4.265	6253	3.47
5.29	3.486	6745	3.74
5.49	3.420	6995	3.88
5.69	3.420	7246	4.02
5.89	3.452	7488	4.16
6.09	3.420	7748	4.30
6.29	3.816	8006	4.44
6.49	3.452	8264	4.59
6.69	3.776	8775	4.87
6.89	3.519	9026	5.01
7.09	3.388	9300	5.16
7.29	3.420	9544	5.30
7.49	3.452	9812	5.45
7.69	4.167	10082	5.59
7.89	4.265	10357	5.75
8.09	4.028	10939	6.07
8.29	3.554	11207	6.22
8.49	3.420	11499	6.38
8.69	3.452	11790	6.54
8.89	3.452	12082	6.70
9.09	3.940	12368	6.86
9.29	3.519	12682	7.04

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
9.49	3.486	13282	7.37
9.69	3.486	13577	7.53
9.89	4.215	13896	7.71
10.09	3.420	14205	7.88
10.29	3.452	14522	8.06
10.49	3.452	14839	8.23
10.69	3.486	15491	8.60
10.89	3.898	15791	8.76
11.09	3.984	16131	8.95
11.29	3.554	16458	9.13
11.49	3.382	16793	9.32
11.69	3.662	17151	9.52
11.89	3.452	17482	9.70
12.09	3.452	17812	9.88
12.29	3.420	18508	10.27
12.49	3.420	18865	10.47
12.69	3.554	19221	10.67
12.89	3.420	19576	10.86
13.09	3.388	19954	11.07
13.29	3.388	20319	11.28
13.49	3.388	21064	11.69
13.69	3.420	21417	11.89
13.89	3.388	21786	12.09
14.09	3.388	22160	12.30
14.29	3.519	22532	12.50
14.49	3.519	22919	12.72
14.69	3.520	23302	12.93
14.89	3.420	24095	13.37
15.09	3.625	24501	13.60
15.29	4.215	24907	13.82
15.49	3.519	25310	14.05
15.69	3.589	25713	14.27
15.89	3.388	26122	14.50
16.09	3.519	26540	14.73
16.29	3.420	26973	14.97
16.49	3.519	27398	15.20
16.69	3.452	28266	15.69
16.89	3.420	28708	15.93
17.09	3.420	29137	16.17
17.29	3.420	29565	16.41
17.49	3.452	30017	16.66
17.69	4.315	30422	16.88
17.89	3.452	31314	17.38
18.09	3.452	31755	17.62
18.29	3.420	32216	17.88
18.49	3.420	32657	18.12
18.69	3.420	33112	18.38



DATA DEL EQUIPO DE ULTRASONIDO

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
18.89	3.388	33563	18.63
19.09	3.420	34023	18.88
19.29	3.554	34486	19.14
19.49	3.420	34954	19.40
19.69	3.420	35421	19.66
19.89	3.420	36351	20.17
20.09	3.737	36807	20.43
20.29	3.420	37271	20.68
20.49	3.388	37742	20.94
20.69	3.388	38197	21.20
20.89	3.452	38658	21.45
21.09	3.452	39143	21.72
21.29	3.452	39609	21.98
21.49	3.420	40547	22.50
21.69	3.420	41033	22.77
21.89	3.519	41501	23.03
22.09	3.420	41970	23.29
22.29	3.388	42440	23.55
22.49	3.388	42932	23.82
22.69	3.776	43870	24.35
22.89	3.452	44343	24.61
23.09	3.486	44821	24.87
23.29	3.625	45290	25.13
23.49	3.486	45774	25.40
23.69	3.486	46724	25.93
24.09	3.519	47206	26.20
24.29	3.589	48162	26.73
24.49	3.486	48634	26.99
24.69	3.420	49119	27.26
24.89	3.486	49590	27.52
25.09	3.486	50058	27.78
25.29	3.486	50516	28.03
25.49	3.420	51003	28.30
25.69	3.486	51888	28.79
25.89	3.452	52324	29.04
26.09	3.420	52765	29.28
26.29	3.452	53638	29.77
26.49	3.898	53638	29.77
26.69	3.486	54048	29.99
26.89	3.452	54442	30.21
27.09	3.420	55229	30.65
27.29	3.420	55629	30.87
27.49	3.452	56012	31.08
27.69	3.452	56386	31.29
27.89	3.940	56779	31.51
28.09	3.420	57146	31.71
28.29	3.420	57513	31.92
28.49	3.388	57880	32.12
28.69	4.531	58606	32.52
28.89	3.388	58961	32.72
29.09	3.356	59302	32.91
29.29	3.420	59663	33.11
29.49	3.420	60014	33.30
29.69	3.420	60345	33.49
29.89	3.420	60688	33.68
30.09	3.452	61369	34.06
30.29	3.326	61699	34.24
30.49	3.295	62036	34.43
30.69	3.326	62369	34.61
30.89	3.388	62686	34.79
31.09	3.356	63024	34.97
31.29	3.326	63642	35.32
31.49	3.326	63989	35.51
31.69	3.295	64279	35.67
31.89	3.295	64574	35.83
32.09	3.816	64867	36.00
32.29	3.737	64177	35.61

TIEMPO (seg)	VELOCIDAD (km/s)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (Mpa)
32.49	3.295	65446	36.32
32.69	3.208	65732	36.48
32.89	3.326	66003	36.63
33.09	3.208	66272	36.78
33.29	3.208	66810	37.08
33.49	3.180	67062	37.22
33.69	3.180	67306	37.35
33.89	3.266	67535	37.48
34.09	3.699	67779	37.61
34.29	3.180	67993	37.73
34.49	3.625	68415	37.97
34.69	3.326	68554	38.04
34.89	3.072	68720	38.14
35.09	2.996	68857	38.21
35.29	2.996	68962	38.27
35.49	2.996	69071	38.33
35.69	0.980	69109	38.35
35.89	0.628	69095	38.34
36.09	0.628	68972	38.28



Anexo 2: Ensayo de Compresión

INFORME DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION

Página: 1 de 1

ASTM C39

PROYECTO(*):	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RÍGIDOS
UBICACIÓN(*):	-
SOLICITA (*):	Bach. Roberto B. Caceres Flores
DIRECCIÓN(*):	-

TESTIGOS: Probetas 30x15 cm

Dato Adicional(*): -

Nº	PROBETA(*)		ROTURA		EDAD (Días)	Ø (mm)	AREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA ROTURA (F _c)		Tipo de Fractura
	ELEMENTO / DESCRIPCION	CODIG	FECHA	Hora					(Mpa)	(kg/cm ²)	
1	f'c=100kg/cm2	-	04/10/2022	10:05	35	152	18255	337.0	18.5	188.2	IV
2	f'c=100kg/cm2	-	04/10/2022	10:05	35	152	18193	318.1	17.5	178.3	II
-	-	-	-	-	---	---	---	---	---	---	---

(*) Datos proporcionados por el cliente

Defectos- Item 1 ---

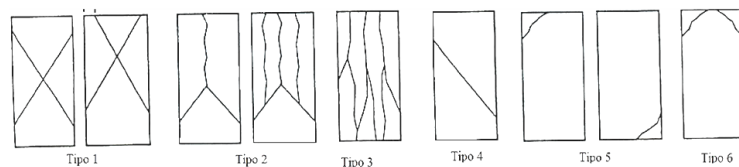
Defectos- Item 2 --

Defectos- Item 3 --

Observaciones: -

Defectos- Item 1 ---

Defectos- Item 2 --



Patrones de fracturas.

INFORME DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Página: 1 de 1

ASTM C39

PROYECTO(*): ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS
UBICACIÓN(*): -
SOLICITA (*): Bach. Roberto B. Caceres Flores
DIRECCIÓN(*): -

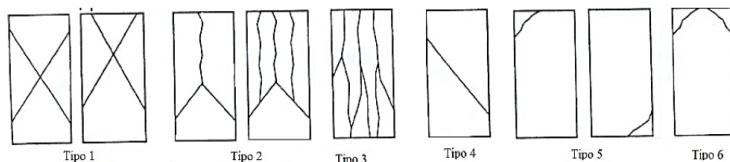
TESTIGOS: Probetas 30x 15 cm

Dato Adicional(*): -

N°	PROBETA(*)		ROTURA		EDAD (Días)	Ø (mm)	AREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA ROTURA (F'c)		Tipo de Fractura
	ELEMENTO / DESCRIPCION	CODIG	FECHA	Hora					(Mpa)	(kg/cm ²)	
1	f'c=200kg/cm2	-	27/09/2022	10:30	28	152	18252	485.4	26.6	271.2	III
2	f'c=200kg/cm2	-	27/09/2022	10:30	28	152	18143	479.4	26.4	269.5	III
-	-	-	-	-	---	---	---	---	---	---	---

(*) Datos proporcionados por el cliente

Defectos- Item 1 ---
Defectos- Item 2 --
Defectos- Item 3 --
Observaciones: -



Patrones de fracturas.

INFORME DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION

Página: 1 de 1

ASTM C39

PROYECTO(*): ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

UBICACIÓN(*): -

SOLICITA (*): Bach. Roberto B. Caceres Flores

DIRECCIÓN(*): -

TESTIGOS: Probetas 30x15 cm

Dato Adicional(*): -

N°	PROBETA(*)		ROTURA		EDAD (Dias)	Ø (mm)	AREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA ROTURA (F'c)		Tipo de Fractura
	ELEMENTO / DESCRIPCION	CODIG	FECHA	Hora					(Mpa)	(kg/cm ²)	
1	f'c=280kg/cm2	-	26/09/2022	10:30	28	152	18262	655.3	35.9	365.9	II
2	f'c=280kg/cm2	-	26/09/2022	10:30	28	152	18177	659.9	36.3	370.2	III
-	-	-	-	-	---	---	---	---	---	---	---

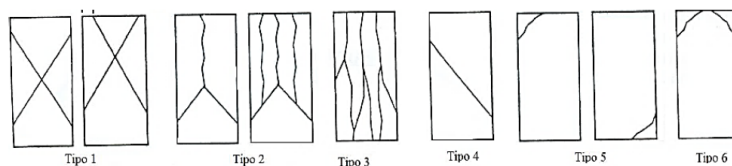
(*) Datos proporcionados por el cliente

Defectos- Item 1 ---

Defectos- Item 2 --

Defectos- Item 3 --

Observaciones: -



Patrones de fracturas.



INFORME DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Página: 1 de 1

ASTM C39

PROYECTO(*): ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

UBICACIÓN(*): -

SOLICITA (*): Bach. Roberto B. Caceres Flores

DIRECCIÓN(*): -

TESTIGOS: Probetas 30x 15 cm

Dato Adicional(*): -

N°	PROBETA(*)		ROTURA		EDAD (Días)	Ø (mm)	AREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA ROTURA (F'c)		Tipo de Fractura
	ELEMENTO / DESCRIPCION	CODIG	FECHA	Hora					(Mpa)	(kg/cm ²)	
1	f'c=400kg/cm2	-	30/09/2022	10:30	28	152	18186	726.3	39.9	407.2	IV
2	f'c=400kg/cm2	-	30/09/2022	10:30	28	151	17902	712.8	39.8	406.0	III
-	-	-	-	-	---	---	---	---	---	---	---

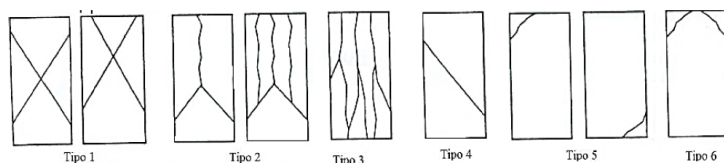
(*) Datos proporcionados por el cliente

Defectos- Item 1 ---

Defectos- Item 2 --

Defectos- Item 3 --

Observaciones: -



Patrones de fracturas.

Anexo 3: Certificado de Acreditación Inacal del Laboratorio

Certificado

**INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

ROBERTO CÁCERES FLORES S.R.L.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Calle el Palomar N° 107, Lote B – 3B, distrito de Arequipa, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-O6P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 20 de octubre de 2018
Fecha de Vencimiento: 19 de octubre de 2022


MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO
Directora (e), Dirección de Acreditación – INACAL

Cédula N° : 694-2018-INACAL/DA
Contrato N° : 016-2015/INACAL-DA / Adenda de fecha: 19 de octubre de 2018
Registro N° : LE-091

Fecha de emisión: 29 de noviembre de 2018

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-O1P-02M Ver. 02



Anexo 4: Ensayos de Laboratorio



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

DISEÑO DE MEZCLAS

CODIGO DE INFORME DE DISEÑO

DM 011.A

PROYECTO:
ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

Página: 1 de 2
F. Emisión: 30/08/2022

1.- CARACTERISTICAS DEL CONCRETO

El concreto será para la construcción de las estructuras del proyecto

2.- ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO

Resistencia a la compresión : 175 kg/cm²
Relación agua/cemento : 0.67
Revenimiento/SLUMP : 3 in
Tamaño máximo nominal de grava : 3/4 in
Cemento : Yura Tipo IP
Exposición : Normal

3.- CARACTERISTICAS FISICAS Y VOLUMETRICAS DE LOS AGREGADOS

DESCRIPCIÓN	Agregado Grueso	Agregado Fino	Unidades
Peso Especifico SSS	2.72	2.66	g./cm ³
Contenido de Humedad	0.08	0.60	%
Porcentaje de Absorción	0.9	2.1	%
Peso Unitario	1.61	1.84	
Compactado			g./cm ³
Peso Unitario Suelto	1.48	1.61	g./cm ³
Módulo de Fineza	6.80		
Pasante Malla #200		7.2%	
Forma de Partículas	Sub angulosa	Sub angulosa	
Cantera	Supermix	Supermix	
Agua	PROPIA		

4.- CARACTERISTICAS DEL CEMENTO

Cemento : YURA
Tipo : TIPO IP

5.- METODOLOGIA

Para el presente diseño se utilizará el método del ACI (211.1-84) y para la dosificación de agregados el método de Fuller el cual indica 50% de agregado fino y 50% de agregado grueso.

Ing. María del Carmen Ponce Mejía
CIP. 64829

Nº 070431

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriocf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

DISEÑO DE MEZCLAS

CODIGO DE INFORME DE DISEÑO

DM 011.A

PROYECTO:
ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

Página: 2 de 2
F. Emisión: 30-08-2022

$F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

II) DOSIFICACION EN PESO POR M3

Cemento	:	326.1	kg.
Arena	:	891.9	kg.
Grava	:	908.5	kg.
Agua	:	218.5	L.

III) DOSIFICACION EN PESO POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	:	42.5	kg.
Arena	:	116.2	kg.
Grava	:	118.4	kg.
Agua	:	28.5	L.

IV) PROPORCION EN PESO POR BOLSA

C	:	A	:	G
1	:	2.7	:	2.8

V) PROPORCION EN VOLUMEN SUELTO SECO POR PIE CUBICO POR BOLSA DE CEMENTO

C	:	A	:	G
1	:	2.5	:	2.8

RECOMENDACIONES

1. El contenido de humedad por ser una propiedad de fase de los agregados debe ser verificado periódicamente.
2. El agua de mezclado debe estar dentro de las especificaciones para concreto.
3. Verificar revenimiento, al inicio de la fabricación y en forma periódica.

Maria del Carmen Ponce Mejia
Ing. Maria del Carmen Ponce Mejia
CIP. 64829

Nº 070432

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ASESORÍA Y CONSULTORÍA EN OBRAS CIVILES

ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES**LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL**INFORME DE ENSAYO**
GRANULOMETRIA

RCF.INE.F1.02

Ed.01. rev 00

03-08-2019

CODIGO DE INFORME

DM 011.1

Página : 1 de 1
F.Emisión: 2022/08/18**ASTM C136 - 14:** Standard Test Method for Sieve Analysis of fine and Coarse Aggregates

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

SOLICITANTE(*): ING. ROBERTO CACERES FLORES

DIRECCIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA

F. RECEPCIÓN: 2022/08/05

F. EJECUCIÓN: 2022/08/10

CANTERA(*): SUPERMIX

ENSAYADO EN: Laboratorio RCF S.R.L.

Datos Adicionales(*): -

MUESTRA(*): Agregado grueso

Datos de Muestreo: Muestra proporcionada por el Cliente

CODIGO - M: DM 11 M1

Variación de Ensayo: Ninguna

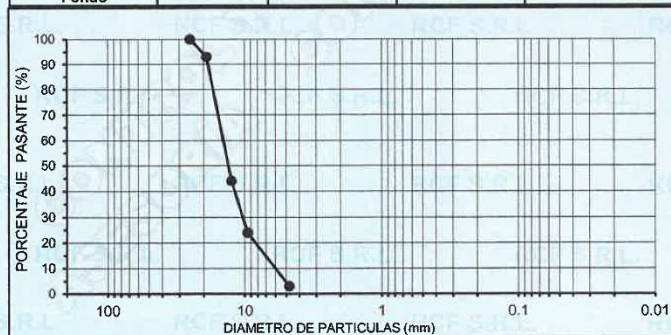
CONDICIÓN: Muestra Alterada

TAMIZ	Abertura (mm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Total Pasante
5 in.	125.0			
4 in.	100.0			
3 1/2 in.	90.0			
3 in.	75.00			
2 1/2 in.	63.00			
2 in.	50.00			
1 1/2 in.	37.50			
1 in.	25.00		0	100
3/4 in.	19.00	7	7	93
1/2 in.	12.50	49	56	44
3/8 in.	9.50	20	76	24
No. 4	4.75	22	97	3
No. 8	2.36			
No. 16	1.18			
No. 30	0.60			
No. 50	0.300			
No. 100	0.150			
No. 200	0.075			
Fondo				

FRACCIONES	
GRAVA	97%
ARENA	3%
FINOS	0%

Datos Adicionales	
TM	1 in.
TMN	3/4 in.
MF	6.80

(*)Información brindada por el Solicitante
(1)Pasante del tamiz N°200 - NTP 400.018-2013(Revisado el 2018)

**Observaciones:**

Rocio del Cuzco
Ing. María del Carmen Ponce Mejía
CIP 64829 - 0599

N° 070446

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm

**ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES**LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

INFORME DE ENSAYO
GRANULOMETRIA

RCF.INE.F1.02

Ed.01. rev 00

03-08-2019

CODIGO DE INFORME

DM 011.2

Página : 1 de 1

F.Emisión: 2022/08/18

ASTM C136 - 14: Standard Test Method for Sieve Analysis of fine and Coarse Aggregates

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

SOLICITANTE(*): ING. ROBERTO CACERES FLORES

DIRECCIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA

F. RECEPCIÓN: 2022/08/05

F. EJECUCIÓN: 2022/08/10

CANTERA(*): SUPERMIX

ENSAYADO EN: Laboratorio RCF S.R.L.

Datos Adicionales(*): -

MUESTRA(*): Agregado grueso

Variación de Ensayo: Muestra proporcionada por el Cliente

CODIGO - M: DM 11 M-2

CONDICIÓN: Muestra Alterada

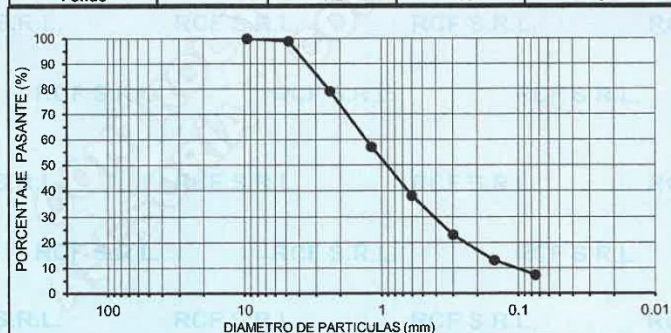
TAMIZ	Abertura (mm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Total Pasante
5 in.	125.0			
4 in.	100.0			
3 1/2 in.	90.0			
3 in.	75.00			
2 1/2 in.	63.00			
2 in.	50.00			
1 1/2 in.	37.50			
1 in.	25.00			
3/4 in.	19.00			
1/2 in.	12.50			
3/8 in.	9.50		0	100
No. 4	4.75	1	1	99
No. 8	2.36	20	21	79
No. 16	1.18	22	43	57
No. 30	0.60	19	62	38
No. 50	0.300	15	77	23
No. 100	0.150	10	87	13
No. 200	0.075	6	93	7.2
Fondo		7.2	100	0

FRACCIONES	
GRAVA	1%
ARENA	92%
FINOS	7%

Datos Adicionales	
TM	3/8 in.
TMN	No. 4
MF	2.91

(*) Información brindada por el Solicitante

(1) Pasante del tamiz N°200 - NTP 400.018-2013 (Revisado el 2018)

**Observaciones:**

Roberto Caceres Flores
Ing. Máster en Ingeniería
CIP: 64429

N° 070447

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386

Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

INFORME TÉCNICO

Fecha de Emisión: 18/08/2022

PROYECTO : ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

SOLICITA : ING. ROBERTO CACERES FLORES

DIRECCIÓN: AREQUIPA - AREQUIPA

A necesidad del cliente se emite el siguiente informe técnico, evaluando el cumplimiento de sus resultados en husos granulométricos, para una mejor apreciación.

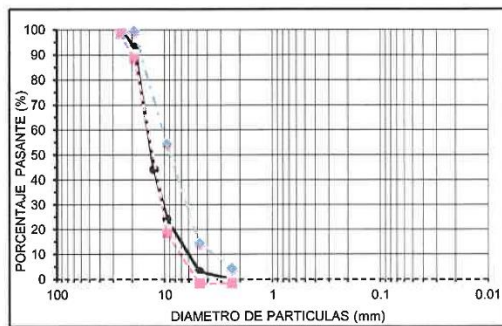
Documento de Referencia.		DM 011.1
MUESTRA:		Agregado Grueso
TAMIZ	Abertura (mm)	% Total Pasante
5 in.	125.0	
4 in.	100.0	
3 1/2 in.	90.0	
3 in.	75.00	
2 1/2 in.	63.00	
2 in.	50.00	
1 1/2 in.	37.50	
1 in.	25.00	100
3/4 in.	19.00	93
1/2 in.	12.50	44
3/8 in.	9.50	24
No. 4	4.75	3
No. 8	2.36	0
No. 16	1.18	
No. 30	0.60	
No. 50	0.300	
No. 100	0.150	
No. 200	0.075	
Fondo		

Fondo

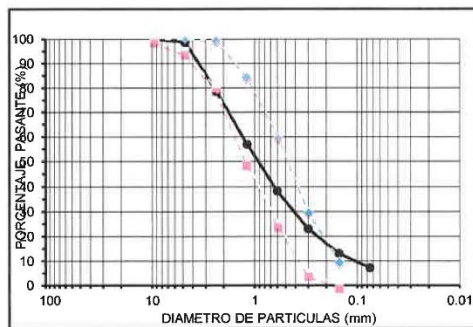
Documento de Referencia.		DM 011.2
MUESTRA:		Agregado Fino
TAMIZ	Abertura (mm)	% Total Pasante
5 in.	125.0	
4 in.	100.0	
3 1/2 in.	90.0	
3 in.	75.00	
2 1/2 in.	63.00	
2 in.	50.00	
1 1/2 in.	37.50	
1 in.	25.00	
3/4 in.	19.00	
1/2 in.	12.50	
3/8 in.	9.50	100
No. 4	4.75	99
No. 8	2.36	79
No. 16	1.18	57
No. 30	0.60	38
No. 50	0.300	23
No. 100	0.150	13
No. 200	0.075	7
Fondo		0

Fondo

Huso Granulométrico: 67
ASTM C 33 - Agregado Grueso



Huso Granulométrico: Único
ASTM C 33 - Agregado Fino



Ing. Mario del Carmen Ponce Mejía
Ing. Mario del Carmen Ponce Mejía
CIP. 64829



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL INFORME DE ENSAYO PESOS UNITARIOS

RCF.INE.F9.01

Ed 00 rev00

22/10/2019

CODIGO DE INFORME

DM 011. 3

Página : 1 de 1

F. Emisión: 2022/08/18

NTP 400.017-2011(Rev.2016)

AGREGADOS- Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.

PROYECTO(*):	ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS		
UBICACIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		
SOLICITA(*):	ING. ROBERTO CACERES FLORES		
DIRECCIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA		
CANTERA(*):	SUPERMIX		
Datos Adicionales(*):	-		
Variación de Norma:	Ninguna		
Datos de Muestreo:	Muestra proporcionada por el Cliente.		
TMN del Agregado:	3/4 in.		
RECEPCIÓN:	2022/08/05		
EJECUCIÓN:	2022/08/10		
ENSAYADO EN:	Laboratorio RCF S.R.L.		
MUESTRA(*):	Agregado grueso		
CODIGO - M:	DM 11 M1		
CONDICIÓN:	Muestra Alterada		

DENSIDAD DE MASA POR APISONADO

DESCRIPCIÓN		1	2
Masa de Molde mas Muestra	kg	20.782	20.794
Masa del Molde	Kg	5.501	5.501
Masa de la Muestra	kg	15.281	15.293
Volumen del Molde	m ³	0.0095	0.0095
Densidad	kg/m ³	1612	1613
Densidad de masa (kg/m³)		1613	
Densidad de masa (g/cm³)		1.61	

DENSIDAD PARA PESO SUELTO

DESCRIPCIÓN		1	2
Masa de Molde mas Muestra	kg	19.540	19.553
Masa del Molde	Kg	5.501	5.501
Masa de la Muestra	kg	14.039	14.052
Volumen del Molde	m ³	0.009	0.009
Densidad	kg/m ³	1481	1482
Densidad de masa (kg/m³)		1482	
Densidad de masa (g/cm³)		1.48	

(*) Información brindada por el solicitante

Observaciones: -

Roberto Caceres Flores
Ing. Civil
CIP 14179

Nº 070454

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL INFORME DE ENSAYO PESOS UNITARIOS

RCF.INE.F9.01

Ed 00 rev 00

22/10/2019

CODIGO DE INFORME

DM 011. 4

Página : 1 de 1

F. Emisión: 2022/08/18

NTP 400.017-2011 (Rev.2016)

AGREGADOS- Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.

PROYECTO(*):	ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS		
UBICACIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		
SOLICITA(*):	ING. ROBERTO CACERES FLORES		
DIRECCIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA		
CANTERA(*):	SUPERMIX		
Datos Adicionales(*):	-		
Variación de Norma:	Ninguna		
Datos de Muestreo:	Muestra proporcionada por el Cliente.		
TMN del Agregado:	No. 4		
RECEPCIÓN:	2022/08/05		
EJECUCIÓN:	2022/08/10		
ENSAYADO EN:	Laboratorio RCF S.R.L.		
MUESTRA(*):	Arena gruesa		
CODIGO - M:	DM 011 M-2		
CONDICIÓN:	Muestra Alterada		

DENSIDAD DE MASA POR APISONADO

DESCRIPCIÓN		1	2
Masa de Molde mas Muestra	kg	7.027	7.016
Masa del Molde	Kg	1.846	1.846
Masa de la Muestra	kg	5.181	5.170
Volume del Molde	m ³	0.0028	0.0028
Densidad	kg/m ³	1842	1838

Densidad de masa (kg/m ³)	1838
Densidad de masa (g/cm ³)	1.84

DENSIDAD PARA PESO SUELTO

DESCRIPCIÓN		1	2
Masa de Molde mas Muestra	kg	6.391	6.383
Masa del Molde	Kg	1.846	1.846
Masa de la Muestra	kg	4.545	4.537
Volume del Molde	m ³	0.003	0.003
Densidad	kg/m ³	1616	1613

Densidad de masa (kg/m ³)	1613
Densidad de masa (g/cm ³)	1.61

(*) Información brindada por el solicitante

Observaciones: -

[Firma]
Ing. Roberto Caceres Flores
CIP 148029

Nº 070455

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

LABORATORIO ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

RCF.INE.F6.01
Ed00 rev 01
22/08/2020

INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

CODIGO DE INFORME
DM 011. 5
Página: 1 de 1
F. Emisión: 2022/08/18

NTP 400.021 2013(Rev.2018): Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

SOLICITA(*): ING. ROBERTO CACERES FLORES

DIRECCIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA

CANTERA(*): SUPERMIX

Datos Adicionales(*): -

Datos de Muestreo: Muestra proporcionada por el Cliente.

RECEPCIÓN: 2022/08/05

EJECUCIÓN: 2022/08/10

ENSAYADO EN: Laboratorio RCF S.R.L.

MUESTRA(*): Agregado grueso

CODIGO - M: DM 11 M1

CONDICIÓN: Muestra Alterada

Tamaño Máximo Nominal: 3/4 in.
Preparación de Muestra: Condiciones de humedad natural

ITEM	DESCRIPCION	DATOS
1	MASA SATURADA SUPERFICIE SECA (B)	g 4207.0
2	MASA (MUESTRA + CANASTILLA) SUMERGIDA (C)	g 2663.0
4	MASA MUESTRA SECA (A)	g 4167.5
5	MASA MUESTRA SUMERGIDA	g 2663.0
6	TEMPERATURA	°C 22.8
7	VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³ 1544.0

ITEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
8	Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (OD):	2.70
9	Densidad relativa aparente	2.77
9	Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (SSD):	2.72
10	Absorción	% 0.9

(*) Información brindada por el solicitante

Observaciones:

[Firma]
ROBERTO CACERES FLORES
Ing. Civil

Nº 070456

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm

**ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILESLABORATORIO ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL**INFORME DE ENSAYO**
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOSRCF.INE.F7.01
Ed00 rev 01
22/08/2020**CODIGO DE INFORME**
DM 011. 6Página: 1 de 1
F. Emisión: 2022/08/18

NTP 400.022 2013(Rev.2018):

Método AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS**UBICACIÓN(*):** AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA**SOLICITA(*):** ING. ROBERTO CACERES FLORES**DIRECCIÓN(*):** AREQUIPA - AREQUIPA**CANTERA(*):** SUPERMIX**Datos Adicionales(*):** -**Datos de Muestreo:** Muestra proporcionada por el Cliente.**RECEPCIÓN:** 2022/08/05**EJECUCIÓN:** 2022/08/10**ENSAYADO EN:** Laboratorio RCF S.R.L.**MUESTRA(*):** Arena gruesa**CODIGO - M:** DM 011 M-2**CONDICIÓN:** Muestra Alterada

Preparación de Muestra: Condiciones de humedad natural

ITEM	DESCRIPCION	DATOS
1	MASA SATURADA SUPERFICIE SECA (S)	g 502.6
2	MASA DE MUESTRA + PICNOMETRO+ AGUA®	g 998.2
4	MASA PICNOMETRO MAS AGUA (B)	g 684.8
5	MASA MUESTRA SECA (A)	g 492.5
6	TEMPERATURA	°C 21.7

ITEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
8	Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (OD):	2.60
9	Densidad relativa aparente	2.75
9	Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (SSD):	2.66
10	Absorción	% 2.1

(*) Información brindada por el solicitante

Observaciones:

Nº 070457

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386

Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO
CONTENIDO DE HUMEDAD

Norma MTC E 108 - 2000

CÓDIGO DE INFORME

DM 011. 7

Página: 1 de 1
F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO(*):	ANÁLISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS			
UBICACIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA			
SOLICITA(*):	ING. ROBERTO CACERES FLORES	RECEPCIÓN:	2022/08/05	
DIRECCIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA	EJECUCIÓN:	2022/08/10	
CANTERA(*):	-	ENSAYADO EN:	Laboratorio RCF S.R.L	
Datos Adicionales(*):	-	MUESTRA(*):	Agregados	
Datos de Muestreo:	Muestra proporcionada por el Cliente.		CONDICIÓN:	Muestra Alterada
Probeta - fc' 280	Cemento YURA Tipo IP Slum 3"			

HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO

CÓDIGO DE MUESTRA:		DM 11 M1
CANTERA /PROCEDENCIA:		SUPERMIX
ITEM	DESCRIPCIÓN	1
1	Peso de Muestra Húmeda + Tara g.	6543.0
2	Peso de Muestra Seca + Tara g.	6538.0
3	Peso de Tara g.	0.0
4	Contenido de Humedad %	0.08

HUMEDAD DE AGREGADO FINO

CÓDIGO DE MUESTRA:		DM 011 M-2
CANTERA /PROCEDENCIA:		SUPERMIX
ITEM	DESCRIPCIÓN	1
1	Peso de Muestra Húmeda + Tara g.	822.1
2	Peso de Muestra Seca + Tara g.	817.2
3	Peso de Tara g.	0.0
4	Contenido de Humedad %	0.60

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada e identificada por el solicitante

Roberto Caceres Flores
Ing. Civil
C.R.C. 123456789

Nº 070452

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPRESIÓN

CÓDIGO DE INFORME

DM 011. 8.1

F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO: ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN: AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

MUESTRA: Probeta de Prueba

SOLICITA: ING. ROBERTO CACERES FLORES

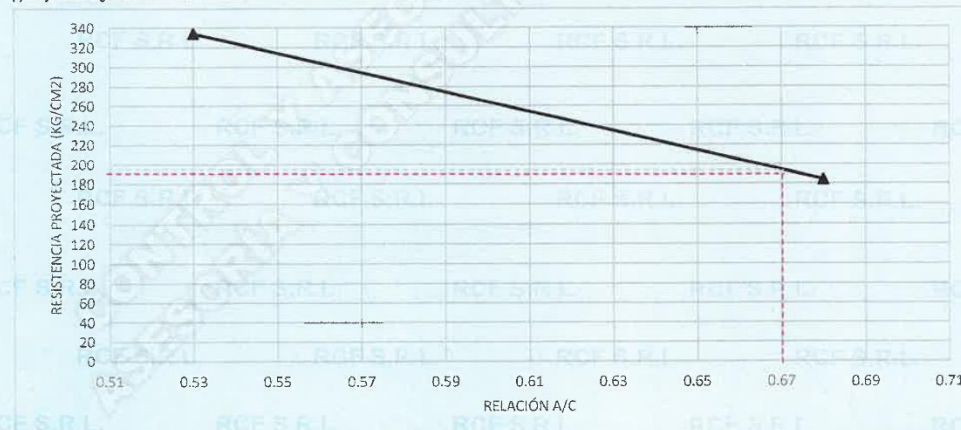
F. EJECUCIÓN: 10/08/2022

DIRECCIÓN: AREQUIPA - AREQUIPA

ENSAYADO EN: Laboratorio RCF S.R.L.

IDENTIFICACIÓN	EDAD (días)	RESISTENCIA DISEÑO (kg/cm ²)	RELACIÓN (De Diseño) A/C	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROYECTADA (*) (28 días)	RELACIÓN FINAL (De Diseño)	A/C (De Diseño)	CODIGO DE INFORME DE DISEÑO
Probeta - f'c' 280 Cemento YURA Tipo IP Slum 3"	6	280	0.53	234	334			-
Probeta - f'c' 175 Cemento YURA Tipo IP Slum 3"	6	175	0.68	129	184	0.67		DM 011.A
-	-	-	-	-	-	-	-	-

(*) Proyección según ficha técnica de cemento



OBSERVACIONES: Testigos elaborados y curados bajo condiciones y controles de laboratorio.

Roberto Caceres Flores
Ing. Roberto Caceres Flores
C.R. 107

Nº 070453

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm

**ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

INFORME DE ENSAYO**ABRASIÓN LOS ANGELES**

RCF/INE.F18.1

Ed 00 rev00

22/10/2019

CODIGO DE INFORME

AM 034.1.1

Página: 1 de 1

F. Emisión: 2022/08/18

NTP 400.019-2014 (Revisada el 2019) AGREGADOS-Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS**UBICACIÓN(*):** AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA**SOLICITA(*):** ING. ROBERTO CACERES FLORES**DIRECCIÓN(*):** AREQUIPA - AREQUIPA**CANTERA(*):** SUPERMIX**Datos Adicionales(*):** -**Variación de Norma:** Ninguna**Datos de Muestreo:** Muestra depositada e identificada por el solicitante en el Laboratorio**RECEPCIÓN:** 2022/08/05**EJECUCIÓN:** 2025/08/15**ENSAYADO EN:** Laboratorio RCF S.R.L.**MUESTRA(*):** AGREGADO GRUESO**CODIGO - M:** AM 034 M1**CONDICIÓN:** MUESTRA ALTERADA**Tamaño máximo Nominal (TMN):** 3/4 in**Gradación de Muestra:** B**Masa total de la carga (g):** 4567

MATERIAL		Peso inicial	Peso final (Retenido N°12) (g)	Masa perdida (%) (500 Revoluciones)	Desgaste (%)
Pasa	Retiene	(g)			
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	-			
25.0 mm (1")	19.0 mm (3/4")	-			
19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	2500			
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	2501			
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	-			
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)	-			
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)				
MASAS TOTALES (g)		5001	4098	903	18.1

PORCENTAJE DE DESGASTE (%) :**18%**

(*)Información brindada por el Solicitante

Observaciones: -

NTP 400019.19- 0076

Ing. Roberto Caceres Flores
CIP 04433

N° 070433

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

INFORME DE ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

RCF.INE.F3.01

Ed.01. rev.00

CODIGO DE INFORME
AM 034.2.1

Página: 1 de 1

F. Emisión: 2022/08/18

NTP 339.129:1999(revisión 2014): Método de ensayo estándar para determinar el Límite Líquido, Límite plástico e índice de Plasticidad de suelos.

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

SOLICITANTE(*): ING. ROBERTO CACERES FLORES

DIRECCIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA

F. RECEPCIÓN: 2022/08/05

F. EJECUCIÓN: 2022/08/08

Procedencia (*): SUPERMIX

Datos Adicionales(*): -

Datos de Muestreo: Muestra proporcionada por el Cliente

Variación de Ensayo: Ninguna

Proceso de selección: Pasante N°40

Proceso de Secado: Homo

Descripción visual(**): Grisáceo Claro

ENSAYADO EN : Laboratorio RCF S.R.L.

MUESTRA(*): AGREGADO FINO

CODIGO - M: AM 034 M2

CONDICIÓN: Muestra Alterada

Método de Ensayo: M. Multipunto

Preparación Muestra: P. Húmeda

LÍMITE LÍQUIDO

DESCRIPCIÓN	B-1	B-2	B-3
Masa del suelo húmedo + cápsula	g	-	-
Masa del suelo seco + cápsula	g	-	-
Masa de la cápsula	g	-	-
Masa del suelo seco	g	-	-
Masa del agua	g	-	-
Contenido de humedad	%	-	-
Número de golpes, N	-	-	-

LÍMITE PLÁSTICO

DESCRIPCIÓN	B-4	B-5
Masa del suelo húmedo + cápsula	g	-
Masa del suelo seco + cápsula	g	-
Masa de la cápsula	g	-
Masa del suelo seco	g	-
Masa del agua	g	-
Contenido de humedad	%	-
Número de golpes, N	-	-

(*) Información brindada por el Solicitante

(**) El proceso seleccionado no forma parte del alcance de la norma.

Observaciones:

Retenido Aproximado en Tamiz No. 40

35%



Límite líquido (LL)	NP
Límite plástico (LP)	*
Índice de plasticidad (IP)	*
Línea A	*
NP: No pudo determinarse	
Clasificación según cuadro de plasticidad(**)	-

LI-12014-2017
Rafael R. Caceres
Ing. Civil
RCF S.R.L.

Nº 070434

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386

Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

**INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS QUÍMICO
CLORUROS Y SULFATOS**

CODIGO DE INFORME
AM 034.3.2

Página: 1 de 1
F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO:	ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS				
UBICACIÓN:	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA				
SOLICITA:	ING. ROBERTO CACERES FLORES		F. RECEPCIÓN:	05/08/2022	
DIRECCIÓN:	AREQUIPA - AREQUIPA		F. EJECUCIÓN:	10/08/2022	
PROCEDENCIA:	SUPERMIX		CÓDIGO - M:	AM 034 M1	
DATO ADICIONAL:	-		CONDICIÓN:	M. Alterada	
DATO DE MUESTREO:	Hecho por el cliente		TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO GRUESO	

Metodo de Ensayo Aplicado

* Cl- = Metodo de Ensayo para Cloruros NTP 400.042

* SO₄ = Metodo de ensayo para Sulfatos NTP 400.042

MATERIAL		PROCEDENCIA	CL ⁻ ppm	%	SO ₄ ⁻ ppm	%
MUESTRA	DESCRIPCIÓN					
AGREGADO GRUESO	-	SUPERMIX	45.0	0.00	1104.0	0.11
-	-	-	-	-	-	-

(*)Información brindada por el Solicitante

OBSERVACIONES:

Roberto Caceres Flores
CIP: 74022

Nº 070435

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm

**ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES**INFORME DE ENSAYO**
ANÁLISIS QUÍMICO
CLORUROS Y SULFATOSCODIGO DE INFORME
AM 034.3.2Página: 1 de 1
F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO:	ANÁLISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS		
UBICACIÓN:	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		
SOLICITA:	ING. ROBERTO CACERES FLORES	F. RECEPCIÓN:	05/08/2022
DIRECCIÓN:	AREQUIPA - AREQUIPA	F. EJECUCIÓN:	10/08/2022
PROCEDENCIA:	SUPERMIX	CÓDIGO - M:	AM 034 M2
DATO ADICIONAL:	-	CONDICIÓN:	M. Alterada
DATO DE MUESTREO:	Hecho por el cliente	TIPO DE MATERIAL:	AGREGADO FINO

Metodo de Ensayo Aplicado

* Cl- = Metodo de Ensayo para Cloruros NTP 400.042

* SO₄- = Metodo de ensayo para Sulfatos NTP 400.042

MATERIAL		PROCEDENCIA	CL ⁻ ppm	%	SO ₄ ⁻ ppm	%
MUESTRA	DESCRIPCIÓN					
AGREGADO FINO	-	SUPERMIX	1048.0	0.10	1820.0	0.18
-	-	-	-	-	-	-

(*)Información brindada por el Solicitante

OBSERVACIONES:
Ing. Roberto Caceres Flores
CIP: 8470

Nº 070436

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriocrf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES Normas ASTM C142 / NTP 400.015

CÓDIGO DE INFORME

AM 034.4.1

Página: 1 de 1
F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

SOLICITA(*): ING. ROBERTO CACERES FLORES

DIRECCIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA

CANTERA(*): SUPERMIX

Dato adicional(*): -

Profundidad(*): -

(*Información brindada por el Solicitante

F. RECEPCIÓN: 05/08/2022

F. EJECUCIÓN: 10/08/2022

ENSAYADO EN: Laboratorio RCF S.R.L.

CODIGO-M : AM 034 M1

CONDICIÓN: M. Alterada

MUESTRA(*): AGREGADO GRUESO

MATERIAL		Peso inicial	Peso final
Pasa	Retiene	(gr)	(gr)
1 1/2"	3/4"	-	-
3/4"	3/8"	2000.0	1999.8
3/8"	N°4	1000.0	999.9
-	-	-	-
Gradación			
Total			0.01

% DE PARTICULAS DELEZNABLES

0.01%

OBSERVACIONES: Muestra depositada e identificada por el solicitante en el Laboratorio RCF S.R.L..

Roberto Caceres Flores
Ing. Civil
CIP: 04000

N° 070437

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORIA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES

Normas MTC E 212 - 2000 / NTP 400.015

CÓDIGO DE INFORME

AM 034.3.2

Página: 1 de 1

F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO:	ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS		
UBICACIÓN:	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	05/08/2022
SOLICITA:	ING. ROBERTO CACERES FLORES	F. EJECUCIÓN:	10/08/2022
DIRECCIÓN:	AREQUIPA - AREQUIPA	ENSAYADO EN:	Laboratorio RCF S.R.L.
CANtera(*):	SUPERMIX	CODIGO-M :	AM 034 M2
SONDEO(*):	-	CONDICIÓN:	M. Alterada
Profundidad(*):	-	MUESTRA(*):	AGREGADO FINO

MATERIAL		Peso inicial	Peso final
Pasa	Retiene	(gr)	(gr)
N°4	N°16	100.0	99.90
Gradación			
Total			0.10

% DE PARTICULAS DELEZNABLES 0.10%

OBSERVACIONES: Muestra depositada en el laboratorio e identificada por el solicitante

Mano del Cliente
Firma del Cliente
CIP: 247123

Nº 070438

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.

El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386

Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

NORMA ASTM -D 4791

CÓDIGO DE INFORME

AM 034.3.2

Página: 1 de 1
F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO(*): ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

SOLICITA(*): ING. ROBERTO CACERES FLORES

F. RECEPCIÓN: 05/08/2022

DIRECCIÓN(*): AREQUIPA - AREQUIPA

F. EJECUCIÓN: 10/08/2022

CANTERA(*): SUPERMIX

CÓDIGO - M: AM 034 M1

DATOS ADICIONALES(*) -

CONDICIÓN: M. Alterada

Profundidad(*): -

MUESTRA(*): AGREGADO GRUESO

Tamaño		Peso Total	Peso Ch/Al	% en Peso Ch/Al
Pasa Tamiz	Ret. Tamiz	(g)	(g)	
2	1 1/2	-	-	-
1 1/2	1	-	-	-
1	3/4	1389.7	0.0	0.00
3/4	1/2	584.8	12.4	2.12
1/2	3/8	144.3	6.8	4.71
3/8	Nº 4	98.1	3.3	3.36
TOTAL		2216.9	22.5	10.2

Porcentaje de partículas Chatas/Alargadas (%)

10%

(*)Información brindada por el Solicitante

OBSERVACIONES: -

Roberto Caceres Flores
Ing. Roberto Caceres Flores
CIP: 14577

Nº 070439

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar Nº 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm

**ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.**
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO
EQUIVALENTE DE ARENA

NORMA NTP 339.146 / ASTM D2419

CODIGO DE INFORME

AM 034.6.1

Página: 1 de 1

F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO(*):	ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS	F. RECEPCIÓN:	05/08/2022
UBICACIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA	F. EJECUCIÓN:	10/08/2022
SOLICITA(*):	ING. ROBERTO CACERES FLORES	CÓDIGO - M:	AM 034 M2
DIRECCIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA	CONDICIÓN:	M. Alterada
CANTERA(*):	SUPERMIX	MUESTRA(*):	AGREGADO FINO
DATOS ADICIONALES(*):			
Profundidad(*)	-		

Solución de Stock	Formaldehído
Método empleado	Manual
Tamaño máximo (pasa malla # 4)	4,76 mm
Temperatura	21 °C ± 2 °C

DESCRIPCIÓN	LECTURAS		
	1	2	3
Tiempo de saturación	10 min	10 min	10 min
Tiempo de decantado	20 min	20 min	20 min
Altura máxima Arcilla (cm)	10.2	15.7	15.4
Altura máxima arena (cm)	12.8	13.1	12.8
Relación (%)	125.5	83.4	83.1
Equivalente de Arena (%)	125	83	83

Equivalente de Arena	97%
-----------------------------	------------

(*)Información brindada por el Solicitante

OBSERVACIONES: -

Nº 070440

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriocrf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS

CÓDIGO DE INFORME
AM 034.3.2

Página: 1 de 1
F. Emisión: 18/08/2022

MTC E 210: Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso

PROYECTO(*):	ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	F. RECEPCIÓN:	05/08/2022
UBICACIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA	F. EJECUCIÓN:	10/08/2022
SOLICITA(*):	ING. ROBERTO CACERES FLORES	ENSAYADO EN:	Laboratorio RCF S.R.L.
DIRECCIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA	CÓDIGO - M:	AM 034 M1
CANTERA(*):	SUPERMIX	CONDICIÓN:	M. Alterada
DATO ADICIONAL(*) -		MUESTRA(*):	AGREGADO GRUESO
Profundidad(*):	-		

CON UNA CARA FRACTURADA

Tamaño		Peso (g)	Peso (g)	%	%	Promedio
Pasa Tamiz	Ret. Tamiz	Muestra	1 Cara Frac.		Retenido	
1 1/2	1	-	-	-	-	-
1	3/4	1500.0	1493.0	99.53	7.00	697
3/4	1/2	1200.0	1049.6	87.47	49.00	4286
1/2	3/8	300.0	272.2	90.73	20.00	1815
TOTAL		3000.0	2814.8	277.73	76.00	6797

Porcentaje con una cara fracturada % 89 %

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

Tamaño		Peso (g)	Peso (g)	%	%	Promedio
Pasa Tamiz	Ret. Tamiz	Muestra	2 o más C. F.		Retenido	
1 1/2	1	-	-	-	-	-
1	3/4	1500.0	794.3	52.95	7.00	371
3/4	1/2	1200.0	640.7	53.39	49.00	2616
1/2	3/8	300.0	182.4	60.80	20.00	1216
TOTAL		3000.0	1617.4	167.15	76.00	4203

Porcentaje con dos o más caras fracturadas % 55 %

(*) Información proporcionada por el Cliente

OBSERVACIONES:

Roberto Caceres Flores
Ing. Roberto Caceres Flores
08-08-2022

Nº 070441

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar Nº 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriocrf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO
IMPUREZAS ORGANICAS
Norma MTC 213

Rev.00-04/17

CODIGO DE INFORME

AM 34.8.1

Página: 1 de 1

Emisión: 2022/08/18

PROYECTO(*):	ANÁLISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS		
UBICACIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		
SOLICITA(*):	ING. ROBERTO CACERES FLORES	F. RECEPCIÓN:	2022/08/5
DIRECCIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA	F. EJECUCIÓN:	2022/08/10
Procedencia(*):	SUPERMIX	CÓDIGO - M:	AM 034 M2
Dato Adicional(*):	-	CONDICIÓN:	M. Alterada
Muestreo:	Muestra depositada e identificada por el solicitante en el Laboratorio		MUESTRA(*): Agregado Fino

(*)Información brindada por el Solicitante

PROCEDIMIENTO: ANÁLISIS POR EL PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR

Al final del periodo de reposo, se comparó el color del líquido que sobrenada con el vidrio patrón y al color del líquido de la muestra fue de color más claro que el de referencia del color patrón.

La muestra NO contiene Impurezas Orgánicas

Como referencia según el método alternativo, se ha realizado el ensayo de impurezas orgánicas, en la muestra dada comparando con una placa orgánica de colores; el color de la muestra de arena equivale al color de la **placa orgánica N°1**

Observaciones: -

Ing. Roberto Caceres Flores
C.R. 123456789

Nº 070442

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriocrf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INALTERABILIDAD POR SULFATO DE MAGNESIO

CODIGO DE INFORME	
AM 034.9.1	
Página :	1 de 1
E. Emisión:	18/08/2022

ASTM C88: Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate¹

PROYECTO(*):	ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS		
UBICACIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		
SOLICITA(*):	ING. ROBERTO CACERES FLORES	F. RECEPCIÓN:	05/08/2022
DIRECCIÓN(*):	AREQUIPA - AREQUIPA	F. EJECUCIÓN:	14/08/2022
CANTERA(*):	SUPERMIX	CÓDIGO - M:	AM 034 M1
Dato Adicional(*):	-	CONDICIÓN:	M. Alterada
Muestreo:	Muestra depositada e identificada por el solicitante en el Laboratorio		MUESTRA(*): AGREGADO GRUESO

TAMANO DE MALLAS		GRADACION DE MUESTRA ORIGINAL	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% PERDIDAS	% DE PERDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE					
2 1/2"	2"	-	-	-	-	-
2"	1 1/2"	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-
1"	3/4"	2.26	500	459.7	8.1	0.2
3/4"	1/2"	14.83	670	640.8	4.4	0.6
1/2"	3/8"	5.97	330	308.4	6.5	0.4
3/8"	Nº4	76.94	300	280.4	6.5	5.0
Totales		100.00	1800	1689.3	25.50	6.25%

Análisis Cualitativo									
Tamices	Rajadas		Desmorchonadas		Fractura		Astilladas		Nº Total de partículas analizadas
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	
38.1 mm (1 1/2") a 25.4 mm (1")	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.4 mm (1") a 19 mm (3/4")	3	9.7	-	-	1	3.2	-	-	31
19.0 mm (3/4") a 12.5 mm (1/2")	4	4.1	-	-	5	5.1	-	-	98
12.5 mm (1/2") a 9.50 mm (3/8")	6.0	4.0	-	-	10.0	6.7	-	-	149

(*)Información brindada por el Solicitante

OBSERVACIONES:

No 070443

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriocrf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm



ROBERTO CACERES FLORES S.R.L. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO

ASESORÍA, CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

INFORME DE ENSAYO INALTERABILIDAD POR SULFATO DE MAGNESIO ASTM C88

CODIGO DE INFORME

AM 034.3.2

Página : 1 de 1
F. Emisión: 18/08/2022

PROYECTO: ANALISIS DE EVOLUCION DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PAVIMENTOS RIGIDOS

UBICACIÓN: AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

F. RECEPCIÓN: 05/08/2022

SOLICITA: ING. ROBERTO CACERES FLORES

F. EJECUCIÓN: 14/08/2022

DIRECCIÓN: AREQUIPA - AREQUIPA

CANtera(*): SUPERMIX

CODIGO-M : AM 034 M2

Dato adicional(*): -

CONDICIÓN M. Alterada

Muestreo: Muestra depositada e identificada por el solicitante en el Laboratorio

MUESTRA(*): AGREGADO FINO

TAMAÑO DE MALLAS		ESCALADO DE MUESTRA	PESO INICIAL	% PERDIDAS	% DE PERDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE				
1/2"	3/8"	-	-	-	-
3/8"	Nº4	1.6	100.00	94.40	1.50
Nº4	Nº8	25.2	100.00	95.20	24.03
Nº8	Nº16	27.5	100.00	93.90	25.80
Nº16	Nº30	23.6	100.00	92.40	21.84
Nº30	Nº50	19.1	100.00	93.70	17.94
TOTAL			500.00	469.60	91.10

OBSERVACIONES: -

Roberto Caceres Flores
Ing. Roberto Caceres Flores
01-01-1975

Nº 070444

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar Nº 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Cel.: Of.: 958945275 - 980351386
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@laboratoriorcf.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm

Anexo 5: Panel Fotográfico

Fotografía 1.

Agregados para fabricación de concreto: Agregado Fino



Fotografía 2.

Agregados para fabricación de concreto: Agregado Grueso



Fotografía 3.

Fabricación de testigos de concreto



Fotografía 4.

Fabricación de testigos de concreto



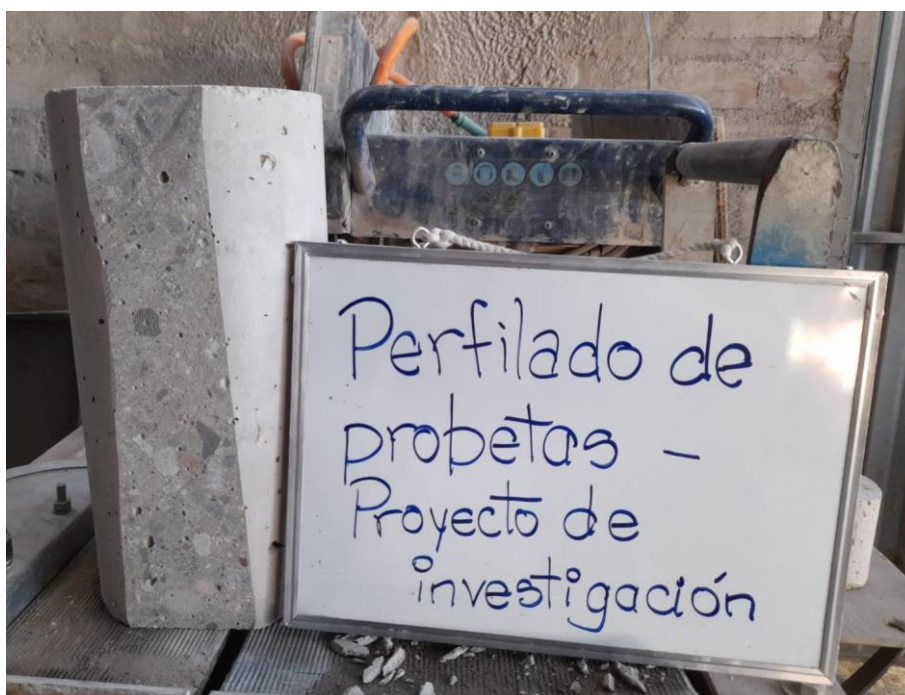
Fotografía 5.

Perfilado y refrendado de testigos de concreto



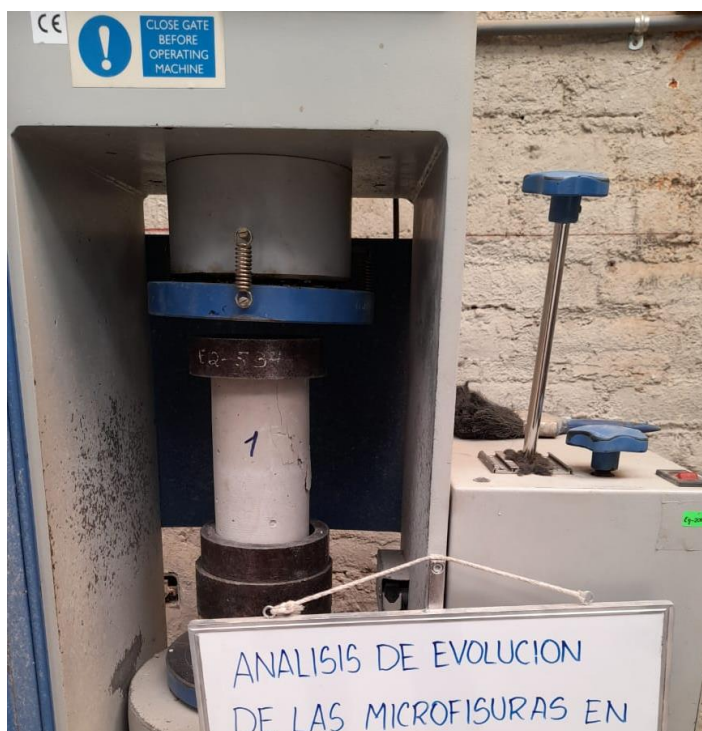
Fotografía 6.

Perfilado y refrendado de testigos de concreto.



Fotografía 7.

Ensayo de compresión de testigos de concreto



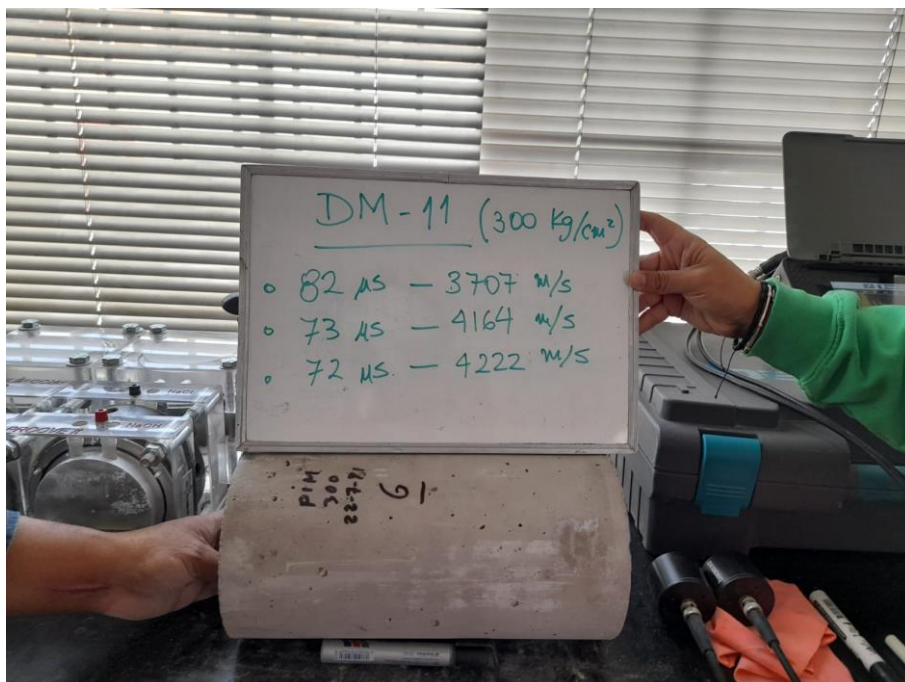
Fotografía 8.

Ensayo de deformación unitaria



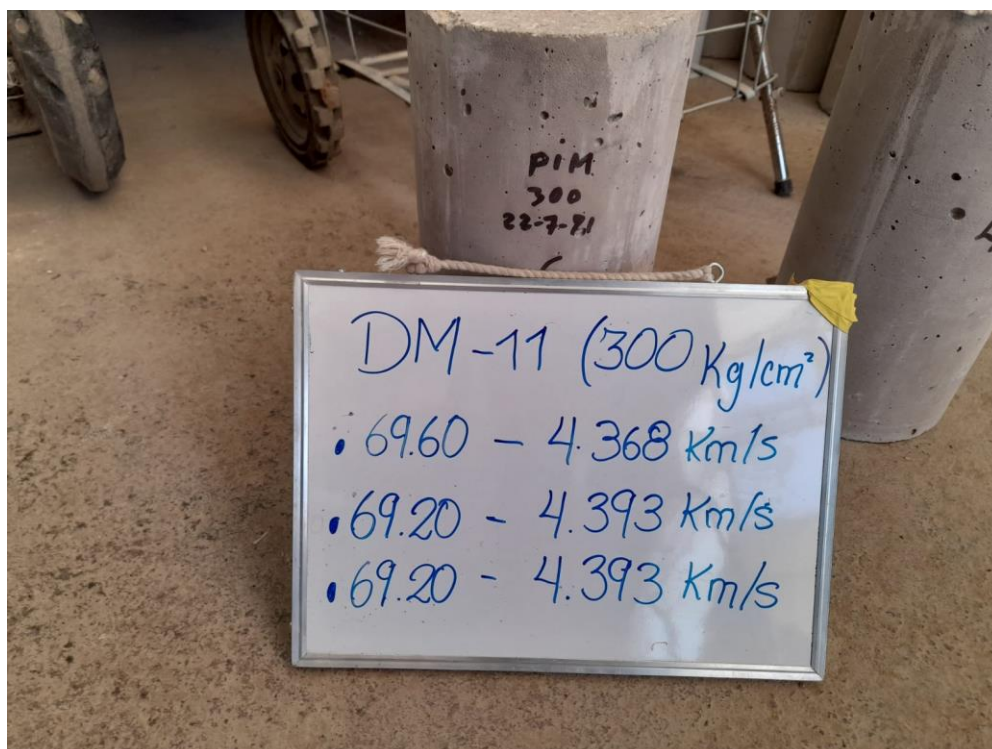
Fotografía 9.

Verificación de equipo ultrasonido Pundit 200 – PROCEQ



Fotografía 10.

Verificación de equipo ultrasonido ZBL U5100



Fotografía 11.

Ensayos de medición de velocidad de ultrasonido



Fotografía 12.

Ensayos de medición de velocidad de ultrasonido





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 12-12-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos:	ROBERTO BONIFACIO CACERES FLORES		
Dirección:	Urb Tahuaycani E18 Sachaca Arequipa		
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	29565271		
Teléfono:	959638006		
email:	robocaflo@gmail.com		
Nombres y Apellidos:			
Dirección:			
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:			
Teléfono:			
email:			
Facultad y/o Escuela de Posgrado:	MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL		
Escuela Profesional o Mención:	MENCIÓN: GOTECNICA Y TRANSPORTES		
Título o Grado Académico a optar:	MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL		
Asesor:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO		
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:			
Trabajo de Investigación ☐	Tesis ☒	Trabajo de Suficiencia Profesional ☐	Trabajo Académico ☐
Título:			
ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS MICROFISURAS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN			
PAVIMENTOS RÍGIDOS			

Palabras claves, (3 a 5 términos) Ultrasonido, velocidad de ultrasonido, microfisuras, energía específica, zona en proceso de fractura

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☐ Titulo ☐ 2da Especialidad ☒ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☒ Sí autorizo
- ☐ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50

  12/12/2025

Firma de Autor huella digital Fecha