



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO
CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO
FIBRA DE ALUMINIO PARA MEJORAR SUS RESISTENCIA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

YAGUAL TOMALÁ CHRISTIAN JOSÉ

LIMÓN REYES JENNIFER ARIANA

TUTOR:

ING. MORENO ALCÍVAR LUCRECIA CRISTINA Mg.

La Libertad-Ecuador

2021

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO
CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO
FIBRA DE ALUMINIO PARA MEJORAR SUS RESISTENCIA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

YAGUAL TOMALÁ CHRISTIAN JOSÉ

LIMÓN REYES JENNIFER ARIANA

TUTOR:

ING. MORENO ALCÍVAR LUCRECIA CRISTINA Mg.

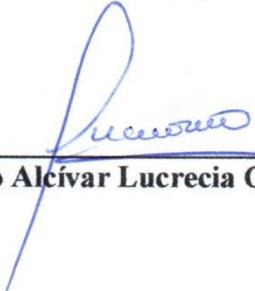
La Libertad-Ecuador

2021

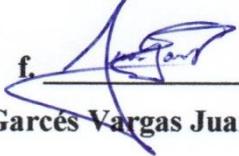
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Yagual Tomalá Christian José y Limón Reyes Jennifer Ariana**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR (A)

f. 
Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina, Mg.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 
Ing. Garcés Vargas Juan Francisco, MSc.

La Libertad, a los 5 días del mes de marzo del año 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRA DE ALUMINIO PARA MEJORAR SUS RESISTENCIA”, elaborado por el Sr. YAGUAL TOMALÁ CHRISTIAN JOSÉ y la Sta. LIMÓN REYES JENNIFER ARIANA, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero/s Civil/les, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR (A)

f. 
Ing. Moreno Alcivar Lucrecia Cristina, Mg.

La Libertad, a los 5 días del mes de marzo del año 2021

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Yagual Tomalá Christian José y Limón Reyes Jennifer Ariana**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Análisis comparativo entre un pavimento rígido convencional con pavimento rígido adicionando fibra de aluminio para mejorar su resistencia** previa a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 5 días del mes de marzo del año 2021

AUTORES:

f. 
Yagual Tomalá Christian José

f. 
Limón Reyes Jennifer Ariana

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Yagual Tomalá Christian José** y **Limón Reyes Jennifer Ariana**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **Análisis comparativo entre un pavimento rígido convencional con pavimento rígido adicionando fibra de aluminio para mejorar sus resistencias**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 5 días del mes de marzo del año 2021

AUTORES:

f. 
Yagual Tomalá Christian José

f. 
Limón Reyes Jennifer Ariana



IP-docx: D97411154

La Libertad, 6 de marzo del 2021

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

001-DOCENTE UIC LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR-2021

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRA DE ALUMINIO PARA MEJORAR SUS RESISTENCIAS", elaborado por los estudiantes YAGUAL TOMALÁ CHRISTIAN JOSÉ con C.I. 2450159674 y LIMÓN REYES JENNIFER ARIANA con C.I. 0928351303, egresados de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 4 % de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

Ing. Lucrecia Moreno Alcivar, Mg.
C.I.:0911164127
DOCENTE UIC

Archivo. CC.



REPORTE DE SIMILITUD



Document Information

Analyzed document	Tesis - Copia.docx (D97411154)
Submitted	3/6/2021 5:47:00 AM
Submitted by	MORENO ALCIVAR LUCRECIA CRISTINA
Submitter email	lmoreno@upse.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	lmoreno.upse@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/133486948-Universidad-nacional-de-chimborazo.html Fetched: 6/23/2020 1:53:39 AM		4
W	URL: https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/TE%CC%81CNICAS-DE-REHABILITACIO%CC... Fetched: 3/6/2021 5:47:00 AM		6
W	URL: https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1388/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200... Fetched: 3/6/2021 5:47:00 AM		1
W	URL: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33170/1/ROBALINO_DIANA_L%3%93PEZ_CRI... Fetched: 12/17/2020 7:34:25 PM		1
W	URL: http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3458/1/T-ULVR-3038.pdf Fetched: 12/16/2020 9:34:06 PM		2

CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA.

Yo, Magister. Oswaldo Flavio Castillo Beltrán. Certifico: Que he revisado la redacción y ortografía del contenido de la tesis: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRA DE ALUMINIO PARA MEJORAR SUS RESISTENCIA”**, elaborada por los egresad@s. Yagual Tomalá Christian José y Limón Reyes Jennifer Ariana, previo a la obtención del título de: **INGENIERO/A CIVIL**.

Para efecto he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura en todas sus partes
- La acentuación es precisa
- Se utilizan los signos de puntuación de manera acertada
- En todos los ejes temáticos se evita los vicios de dicción
- Hay concreción y exactitud en las ideas
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la sinonimia es correcta
- Se maneja con conocimiento y precisión de la morfosintaxis
- El lenguaje es pedagógico, académico, sencillo y directo, por lo tanto es de fácil comprensión.

Por lo expuesto y en uso de mis derechos como Magister en Docencia y Gerencia en Educación Superior, recomiendo la VALIDEZ ORTOGRÁFICA de su tesis previo a la obtención del Título de Ingeniero/a Civil y deja a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales correspondientes.

Atentamente,



Dr. Oswaldo Castillo Beltrán. Mg
Registro SENESCYT 1006-11-733293
Cuarto Nivel

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a DIOS, porque sin él nada es posible, a mis padres por ser los pilares fundamentales en mi vida, porque confiaron en mí y en mis ganas de superación, mi madre por acompañarme e incentivarme en cada momento, gracias a sus consejos y su esfuerzo junto con mi padre que me ayudaron económicamente hicieron posible que yo termine mi carrera universitaria.

El amor, la dedicación, la paciencia y ayuda constante con la que día a día mis padres se preocupaban por mis estudios y avance en el desarrollo de mi tesis es simplemente gratificante en mi vida estudiantil.

Así mismo agradezco infinitamente a nuestra tutora de tesis Ing. Lucrecia Moreno Alcívar MSc, que me incentivo en seguir adelante y no detenerme en cada obstáculo que podría presentarse, por su ayuda constante dentro y fuera del Laboratorio donde pudimos realizar nuestros respectivos ensayos para el proceso de investigación.

Agradezco a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, por abrirme sus puertas y permitirme estudiar los años necesarios para poder sacar mi título universitario

Agradezco a los profesores que conocí durante esta etapa universitaria, por impartir sus conocimientos y permitirme ponerlos en práctica

Christian José.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a DIOS, por brindarme salud y guiarme durante todo este proceso de aprendizaje, a mis queridos y amados padres por todo el apoyo incondicional y los consejos que me han brindado, a nuestra tutora de tesis Ing. Lucrecia Moreno Alcívar MSc. por orientarnos, apoyarnos y abrirnos las puertas de su institución para poder llevar a cabo nuestro trabajo de investigación y a cada uno de los docentes que forman parte de la carrera Ingeniería Civil, por sus conocimientos impartidos que sin duda son la base de nuestra formación profesional.

Jennifer Ariana.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primero a DIOS, por brindarme salud, a mis padres Eufemia Tomalá Ramírez y Alfredo Yagual Orrala, por acompañarme, guiarme y hacer todo lo que estuvo a su alcance para que yo pudiera estudiar y terminar mi carrera universitaria. Así mismo le dedico este proyecto a mi amigo incondicional Ing. Hamilton Labanda Ochoa, que estuvo siempre incentivándome para que continúe y no quedarme, que cada tropiezo que se me presentaba era una oportunidad más para salir adelante.

Christian José.

DEDICATORIA

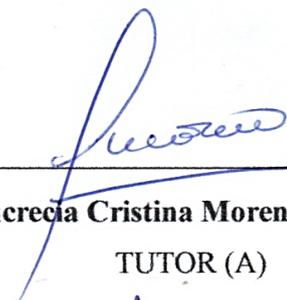
El presente proyecto lo dedico especialmente a mis amados padres por ser mi principal motivo y razón por la cual me he esforzado en alcanzar este propósito, por estar siempre a mi lado apoyándome y no dejarme sola en ninguna circunstancia de mi vida. A mi familia en general que de una u otra manera han formado parte de este proceso y a una persona muy especial que, aunque no esté conmigo sé que desde el cielo me ha guiado en cada paso que he dado.

Jennifer Ariana.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Juan Francisco Garcés Vargas, Mgp.
DIRECTOR DE LA CARRERA (E)

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.
TUTOR (A)

f. 

Ing. Daniel Rosendo Campoverde Campoverde, MSc
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.
DOCENTE DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

	Págs.
AGRADECIMIENTOS	VIII
DEDICATORIA.....	X
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	XII
ÍNDICE GENERAL	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XXIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XXV
RESUMEN.....	XXX
ABSTRACT	XXXI

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	2
1.1 Descripción del Tema.....	2
1.2 Antecedentes	4
1.3 Planteamiento del Problema	7
1.4 Justificación	9
1.5 Objetivo de la Propuesta	10
1.5.1 Objetivo General	10
1.5.2 Objetivos Específicos.....	10
1.6 Hipótesis	10
1.7 Alcance	11
1.8 Variables	12

1.9 Metodología	12
------------------------------	-----------

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	14
--	-----------

2.1 Hormigón Hidráulico.....	14
-------------------------------------	-----------

2.2 Componentes del Hormigón.....	14
--	-----------

2.2.1 Cemento Hidráulico	14
--------------------------------	----

2.2.1.1 Cemento Hidráulico Tipo GU.....	15
---	----

2.2.1.2 Cemento Hidráulico Tipo HE.	15
--	----

2.2.2 Agregado Fino.....	16
--------------------------	----

2.2.3 Agregado Grueso	17
-----------------------------	----

2.2.4 Agua	17
------------------	----

2.3 Propiedades del Hormigón Hidráulico.....	18
---	-----------

2.3.1 Propiedades del Hormigón en Estado Fresco.....	18
--	----

2.3.1.1 Trabajabilidad.	18
------------------------------	----

2.3.1.2 Consistencia.	18
----------------------------	----

2.3.1.3 Docilidad.	18
-------------------------	----

2.3.1.4 Homogeneidad.	19
----------------------------	----

2.3.1.5 Densidad.....	19
-----------------------	----

2.3.2 Propiedades del Hormigón en Estado Endurecido.....	19
--	----

2.3.2.1 Durabilidad.....	19
--------------------------	----

2.3.2.2 Permeabilidad.....	20
----------------------------	----

2.3.2.3 Resistencia a la Compresión.	20
---	----

2.3.2.4 Resistencia a la Flexión.....	20
---------------------------------------	----

2.3.2.5 Módulo de Elasticidad.	21
-------------------------------------	----

2.4 Hormigones Reforzados con Fibras	21
---	-----------

2.4.1 Avances de los Hormigones Reforzados con Fibras.....	21
--	----

2.4.2 Definición de Hormigón Fibroreforzado	23
---	----

2.5 Las Fibras	24
-----------------------------	-----------

2.5.1 Tipos de Fibras	25
-----------------------------	----

2.5.1.1	Clasificación de las Fibras Según su Función.....	25
2.5.1.1.1	Estructurales.....	25
2.5.1.1.2	No Estructurales.....	25
2.5.1.2	Clasificación de las Fibras Según su Tamaño.....	25
2.5.1.2.1	Microfibras.....	25
2.5.1.2.2	Macrofibras.....	26
2.5.1.3	Clasificación de las Fibras Según su Material.....	27
2.5.1.3.1	Fibras Sintéticas.....	28
2.5.1.3.2	Fibras de Vidrio.....	28
2.5.1.3.3	Fibras Naturales.....	28
2.5.1.3.4	Fibras Metálicas.....	29
2.5.2	Especificaciones Técnicas de la Fibras Metálicas 80/50 DRAMIX.....	30
2.5.2.1	Principales Propiedades de la Fibra.....	31
2.5.2.2	Ventajas del Uso de la Fibra Metálica 80/50 DRAMIX.....	31
2.5.2.3	Aplicaciones de la Fibra Metálica 80/50 DRAMIX.....	31
2.5.3	Aplicaciones de Hormigones Reforzados con Fibras Metálicas.....	32
2.5.3.1	Pavimentos.....	32
2.5.3.2	Hormigones Proyectados.....	32
2.5.3.3	Elementos Prefabricados.....	33
2.6	Pavimentos.....	33
2.6.1	Tipos de Pavimentos.....	34
2.6.1.1	Pavimento Flexible.....	34
2.6.1.2	Pavimento Articulado.....	34
2.6.1.3	Pavimento Semi-rígido.....	34
2.6.1.4	Pavimento Rígido.....	35
2.6.2	Tipos de Pavimentos Rígidos.....	35
2.6.2.1	Pavimento de Hormigón Simple.....	35
2.6.2.2	Pavimento de Hormigón Simple con Pasajuntas.....	35
2.6.2.3	Pavimento de Hormigón Reforzado.....	36
2.6.2.4	Pavimento de Hormigón con Refuerzo Continuo.....	36
2.6.2.5	Pavimento de Hormigón Presforzado.....	36
2.6.2.6	Pavimentos de Hormigón Fibroreforzado.....	37
2.6.3	Estructura de un Pavimento Rígido.....	37

2.6.3.1 Losa.....	38
2.6.3.2 Base y Subbase.....	38
2.6.3.3 Subrasante.....	38
2.6.4 Cargas.....	39
2.6.4.1 Cargas Vehiculares.....	39
2.6.4.2 Cargas Concentradas.....	39
2.6.4.3 Cargas Distribuidas.....	40
2.6.4.4 Cargas en Línea o en Franjas.....	40
2.6.4.5 Cargas Inusuales.....	40
2.6.5 Juntas en Pavimentos Rígidos.....	40
2.6.5.1 Juntas de Contracción.....	41
2.6.5.2 Juntas de Construcción.....	41
2.6.5.3 Juntas de Aislamiento o Expansión.....	42
2.6.6 Sellos en Pavimentos Rígidos.....	43
2.6.7 Parámetros Importantes para el Diseño de un Pavimento Rígido.....	43
2.6.7.1 Estudio del Tráfico.....	43
2.6.7.1.1 ESAL´s de Diseño.....	43
2.6.7.2 Nivel de Serviciabilidad.....	44
2.6.7.3 Factores de Crecimiento, Factor de Dirección y Factor Carril.....	44
2.6.7.4 Desviación Normal Estándar (Z_r).....	44
2.6.7.5 Coeficiente de Drenaje (C_d).....	45
2.6.7.6 Coeficiente de Transmisión de Carga (J).....	45
2.6.7.7 Módulo de Elasticidad del Hormigón (E_c).....	45
2.6.7.8 Módulo de Rotura del Hormigón (M_r).....	46
2.6.7.9 Módulo de la Reacción de la Subrasante (k).....	46

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL HORMIGÓN..... 47

3.1 Características de los Agregados 47

3.2 Ensayos de los Agregados..... 47

3.2.1 Ensayo de Análisis Granulométrico (NTE INEN 696, 2011)..... 47

3.2.1.1 Agregado Grueso 48

3.2.1.2 Agregado Fino.....	49
3.2.2 Determinación de la Densidad Saturada Superficialmente Seca (NTE INEN 856, 2010) y (NTE INEN 857, 2010).....	50
3.2.3 Determinación de Pesos Volumétricos (NTE INEN 858, 2010)	50
3.2.3.1 Peso Volumétrico Varillado (PVV).	51
3.2.3.2 Peso Volumétrico Suelto (PVS).....	51
3.3 Diseño de Hormigón.....	52
3.3.1 Método de Diseño	52
3.3.1.1 Selección del Revenimiento.....	52
3.3.1.2 Selección del Tamaño de Agregado.....	53
3.3.1.3 Selección del Contenido de Agua.	53
3.3.1.4 Selección de la Relación Agua Cemento.	54
3.3.1.5 Cálculo del Contenido del Cemento.	55
3.3.1.6 Selección del Contenido de Agregado Grueso.....	55
3.3.1.7 Cálculo del Volumen de Agregado Fino.....	56
3.4 Dosificación.....	56
3.4.1 Dosificación General Aplicando Cemento GU.....	57
3.4.2 Dosificación General Aplicando Cemento HE	58
3.5 Elaboración y Curado de Probetas y Vigas de Hormigón	58
3.5.1 Cilindros.....	58
3.5.2 Vigas	58
3.6 Resultados de los Ensayos del Hormigón.....	59
3.6.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	59
3.6.2 Ensayo de Resistencia a la Flexión	61
3.6.3 Ensayo de Esclerometría	63
3.6.4 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico	65
3.6.5 Ensayo de Módulo de Elasticidad.....	68

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO	69
--	-----------

4.1 Procedimiento de Diseño Mediante el Método AASHTO 93 (1993).....	69
4.1.1 Análisis de Tránsito.....	70
4.1.1.1 Periodo de Diseño.	70
4.1.1.2 Selección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	71
4.1.1.3 Tasa de Crecimiento.....	72
4.1.1.4 Factor de Crecimiento.	72
4.1.1.5 Factor de Distribución por Carril.	73
4.1.1.6 Factor de Distribución por Dirección.....	73
4.1.1.7 ESAL's de Diseño.....	74
4.1.2 Parámetro de Diseño del Hormigón.....	76
4.1.2.1 Determinación del Módulo Elástico.	76
4.1.2.2 Determinación del Módulo de Rotura.....	78
4.1.3 Parámetro de Diseño de la Subrasante	79
4.1.3.1 Determinación del Módulo de Reacción (k) de la Subrasante... 79	
4.1.4 Variables de Diseño del Pavimento Según el Método AASHTO 93....	80
4.1.4.1 Nivel de Serviciabilidad.....	80
4.1.4.2 Confiabilidad (R) y Desviación Estándar Normal (Z_R).	81
4.1.4.3 Desviación Estándar Total (S_o).	83
4.1.4.4 Coeficiente de Drenaje (Cd).....	83
4.1.4.5 Transferencia de Carga.	84
4.1.4.6 Pérdida de Soporte (L_s).....	85
4.1.4.7 Cálculo de Acero de Refuerzo en Juntas.....	86
4.2 Ecuación AASHTO 93 para el Cálculo de Espesor de Losa	88

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	90
5.1 Espesor de Losa de Pavimento (Cemento GU).....	90
5.1.1 Diseño de Pavimento Rígido con Dosificación Patrón.	90
5.1.2 Diseño de pavimento rígido con una adición de 0.25% de Fibra de Aluminio	92
5.2 Espesor de Losa de Pavimento (cemento HE)	93
5.2.1 Diseño de Pavimento Rígido sin Adición de Fibra de Aluminio.....	93

5.2.2 Diseño de Pavimento Rígido con una Adición de 0.25% de Fibra de Aluminio	95
5.3 Estimación de las barras para las juntas en el pavimento rígido	96
5.4 Análisis de Precios Unitarios para Cada uno de los Cementos Utilizados sin adición de fibra de aluminio y con adición de fibra de aluminio.....	97
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS	102
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1 <i>Características de macrofibras y microfibras</i>	27
Tabla 2 <i>Especificaciones técnicas de la fibra metálica 80/50 DRAMIX</i>	30
Tabla 3 <i>Requisitos de graduación para áridos gruesos</i>	48
Tabla 4 <i>Requisitos de gradación para árido fino</i>	49
Tabla 5 <i>Capacidad de los moldes.</i>	51
Tabla 6 <i>Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción.</i>	53
Tabla 7 <i>Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado.</i>	54
Tabla 8 <i>Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.</i>	55
Tabla 9 <i>Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.</i>	56
Tabla 10 <i>Diseño general con cemento GU</i>	57
Tabla 11 <i>Diseño general con cemento HE</i>	58
Tabla 12 <i>Resultados de resistencia a la compresión con cemento GU.</i>	59
Tabla 13 <i>Resultados de resistencia a la compresión con cemento HE.</i>	60
Tabla 14 <i>Resultados de resistencia a la flexión con cemento GU.</i>	62
Tabla 15 <i>Resultados de resistencia a la flexión con cemento HE.</i>	63
Tabla 16 <i>Resultados de Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson.</i>	68
Tabla 17 <i>Periodo de Diseño en función al tipo de carretera</i>	71
Tabla 18 <i>Clasificación Funcional de las vías en base al TPDA</i>	71
Tabla 19 <i>Tasa de crecimiento según el tipo de vehículo.</i>	72

Tabla 20	<i>Factor de distribución por carril según el número de carriles en una dirección.....</i>	73
Tabla 21	<i>Factor de distribución por dirección según el número de carriles en dos direcciones.</i>	74
Tabla 22	<i>Porcentaje de vehículos que transitan en una vía de primer orden.</i>	75
Tabla 23	<i>Total de vehículos que transitan.</i>	75
Tabla 24	<i>Módulo de elasticidad de acuerdo al porcentaje de adición de fibras.....</i>	78
Tabla 25	<i>Módulo de Rotura del diseño.</i>	78
Tabla 26	<i>Efecto de la subbase granular sobre los valores de K.....</i>	79
Tabla 27	<i>Valores de Índice de serviciabilidad inicial P_o.....</i>	80
Tabla 28	<i>Valores de índice de serviciabilidad final P_t.....</i>	81
Tabla 29	<i>Valores de Confiabilidad (R) según el tipo de vía.....</i>	82
Tabla 30	<i>Valores de desviación estándar (Z_R) según el porcentaje de confiabilidad</i>	82
Tabla 31	<i>Valores de desviación estándar total (S_o).....</i>	83
Tabla 32	<i>Valores recomendados del coeficiente de drenaje (Cd) para el diseño</i>	84
Tabla 33	<i>Coeficiente de transferencia de carga recomendado para varios tipos de pavimentos</i>	84
Tabla 34	<i>Valores de pérdida de soporte (L_s).....</i>	85
Tabla 35	<i>Recomendaciones para el uso de pasadores de carga</i>	87
Tabla 36	<i>Recomendación para las barras de anclaje.....</i>	88
Tabla 37	<i>Datos para el diseño del pavimento rígido sin adición de fibra con cemento GU.....</i>	91
Tabla 38	<i>Resultados de espesores de losa del diseño patrón con cemento GU.</i>	91

Tabla 39 <i>Datos para el Diseño del Pavimento Rígido con una adición de 0.25% de fibra con cemento GU</i>	92
Tabla 40 <i>Resultados de espesores de losa con adición de fibra de aluminio con cemento GU</i>	93
Tabla 41 <i>Datos para el diseño del pavimento rígido sin adición de fibra con cemento HE</i>	94
Tabla 42 <i>Resultados de espesores de losa del diseño patrón con cemento HE</i>	94
Tabla 43 <i>Datos para el diseño del pavimento rígido con una adición de 0.25% de fibra con cemento HE</i>	95
Tabla 44 <i>Resultados de espesores de losa con adición de fibra de aluminio con cemento HE</i>	96
Tabla 45 <i>Cálculo de acero de refuerzo en juntas transversales</i>	96
Tabla 46 <i>Cálculo de acero de refuerzo en juntas longitudinales</i>	97
Tabla 47 <i>Resultados de Análisis de costo unitario del hormigón</i>	97
Tabla 48 <i>Resultados de Análisis de costo unitario del Pavimento Rígido</i>	98
Tabla 49 <i>Resultado de análisis de costo unitario de acero en juntas</i>	98

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
Figura 1 <i>Línea de tiempo de la evolución de hormigones reforzado con fibras</i>	22
Figura 2 <i>Tipos de fibras usados en el mercado</i>	24
Figura 3 <i>Diferentes formas de fibras metálicas</i>	29
Figura 4 <i>Estructura de un pavimento rígido</i>	37
Figura 5 <i>Tipos de juntas de contracción</i>	41
Figura 6 <i>Tipos de juntas de construcción</i>	42
Figura 7 <i>Tipos de juntas de aislamiento o expansión</i>	42
Figura 8 <i>Curva granulométrica del agregado grueso.</i>	49
Figura 9 <i>Curva granulométrica del agregado fino.</i>	50
Figura 10 <i>Esfuerzo - deformación para $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento GU.</i>	60
Figura 11 <i>Esfuerzo - deformación para $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento HE.</i>	61
Figura 12 <i>Módulo de rotura - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento GU.</i>	62
Figura 13 <i>Módulo de rotura - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento HE.</i>	63
Figura 14 <i>Comparación de Resistencia a la compresión - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ de los especímenes cilíndricos</i>	64
Figura 15 <i>Comparación de Resistencia a la compresión - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ de los especímenes prismáticos.</i>	65
Figura 16 <i>Comparación de Velocidad de pulso - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ de los especímenes cilíndricos.</i>	66

Figura 17 <i>Comparación de Resistencia a la compresión-% de adición de fibra para $f'c=350$ kg/cm² de los especímenes cilíndricos.</i>	66
Figura 18 <i>Comparación de Velocidad de pulso - % de adición de fibra para $f'c=350$ kg/cm² de los especímenes prismáticos.</i>	67
Figura 19 <i>Comparación de Resistencia a la compresión - % de adición de fibra para $f'c=350$ kg/cm² de los especímenes prismáticos.</i>	67
Figura 20 <i>Corrección del módulo de reacción efectivo de la subrasante para pérdida potencial de soporte de la subbase</i>	86

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
Anexo 1. Características de los agregados	111
Anexo 2. Ensayo granulométrico grueso	113
Anexo 3. Ensayo granulométrico fino	114
Anexo 4. Dosificación patrón con cemento GU	115
Anexo 5. Dosificación con 0.20% fibra de aluminio con cemento GU.....	116
Anexo 6. Dosificación con 0.25% fibra de aluminio con cemento GU.....	117
Anexo 7. Dosificación con 0.30% fibra de aluminio con cemento GU.....	118
Anexo 8. Dosificación patrón cemento HE.....	119
Anexo 9. Dosificación con 0.20% de fibra de aluminio con cemento HE.....	120
Anexo 10. Dosificación con 0.25% de fibra de aluminio con cemento HE.....	121
Anexo 11. Dosificación con 0.30% de fibra de aluminio con cemento HE.....	122
Anexo 12. Elaboración de los cilindros de hormigón	123
Anexo 13. Desencofrado y curado de probetas cilíndricas	125
Anexo 14. Elaboración de especímenes prismáticos de hormigón (vigas).....	126
Anexo 15. Desencofrado y curado de probetas prismáticas	127
Anexo 16. Ensayo de asentamiento de la mezcla	128
Anexo 17. Elaboración de los especímenes cilíndricos y prismáticos con adición de fibra de aluminio	129
Anexo 18. Preparación de probetas cilíndricas y prismáticas para ser ensayado	131
Anexo 19. Ensayo de resistencia a la compresión	132
Anexo 20. Rotura de cilindros – Diseño patrón con cemento GU.....	133

Anexo 21. Rotura de cilindros – Diseño con 0.20% de fibra Al. con cemento GU.	134
Anexo 22. Rotura de cilindros – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento GU.	135
Anexo 23. Rotura de cilindros – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento GU.	136
Anexo 24. Rotura de cilindros – Diseño patrón con cemento HE	137
Anexo 25. Rotura de cilindros – Diseño con 0.20% de fibra Al. con cemento HE.	138
Anexo 26. Rotura de cilindros – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento HE.	139
Anexo 27. Rotura de cilindros – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento HE.	140
Anexo 28. Resultados ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros GU .	141
Anexo 29. Resultados ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros HE..	142
Anexo 30. Ensayo de resistencia a la flexión.....	143
Anexo 31. Rotura de vigas – Diseño patrón con cemento GU	144
Anexo 32. Rotura de vigas – Diseño con 0.20% de fibra Al. con cemento GU	145
Anexo 33. Rotura de vigas – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento GU	146
Anexo 34. Rotura de vigas – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento GU	147
Anexo 35. Rotura de vigas – Diseño con 0.00% de fibra Al. con cemento HE.....	148
Anexo 36. Rotura de vigas – Diseño con 0.20% de fibra Al. con cemento HE.....	149
Anexo 37. Rotura de vigas – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento HE.....	150
Anexo 38. Rotura de vigas – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento HE.....	151
Anexo 39. Comparación de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión y flexión entre los dos tipos de cementos.....	152
Anexo 40. Ensayo de Esclerometría y Velocidad de Pulso Ultrasónico.....	153
Anexo 41. Resultados del módulo de elasticidad estático y Relación de Poisson del hormigón proporcionados por el Centro de Innovación Holcim	154

Anexo 42. Esclerometría de cilindros GU con diseño patrón.....	158
Anexo 43. Esclerometría de cilindros GU con adición de 0.20% de fibra de aluminio	159
Anexo 44. Esclerometría de cilindros GU con adición de 0.25% de fibra de aluminio	160
Anexo 45. Esclerometría de cilindros GU con adición de 0.30% de fibra de aluminio	161
Anexo 46. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.00% de fibra de aluminio	162
Anexo 47. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.20% de fibra de aluminio	163
Anexo 48. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.25% de fibra de aluminio	164
Anexo 49. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.30% de fibra de aluminio	165
Anexo 50. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.00% de fibra de aluminio	166
Anexo 51. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.20% de fibra de aluminio	167
Anexo 52. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.25% de fibra de aluminio	168
Anexo 53. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.30% de fibra de aluminio	169
Anexo 54. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.00% de fibra de aluminio	170
Anexo 55. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.20% de fibra de aluminio	171

Anexo 56. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.25% de fibra de aluminio	172
Anexo 57. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.30% de fibra de aluminio	173
Anexo 58. Resultados Esclerometría de cilindros y viga con cemento GU	174
Anexo 59. Resultados Esclerometría de cilindros y viga con Cemento HE	175
Anexo 60. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,00% de fibra de aluminio. 176	
Anexo 61. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,20% de fibra de aluminio. 180	
Anexo 62. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,25% de fibra de aluminio. 184	
Anexo 63. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,30% de fibra de aluminio. 188	
Anexo 64. Ultrasonido de cilindros cemento HE con 0,00% de fibra de aluminio. 192	
Anexo 65. Ultrasonido de cilindros cemento HE con 0,20% de fibra de aluminio. 196	
Anexo 66. Ultrasonido de cilindros cemento HE con 0,25% de fibra de aluminio. 200	
Anexo 67. Ultrasonido de Cilindros Cemento HE con 0,30% de fibra de aluminio.	204
Anexo 68. Resultados Ultrasonido de cilindros con cemento GU y HE	208
Anexo 69. Resultados Ultrasonido de vigas con cemento GU y HE	209
Anexo 70. ESAL's de diseño para pavimento rígido. ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 71. Diseño de pavimento rígido con diseño patrón utilizando cemento GU	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 72. Diseño de pavimento rígido con adición de 0.25% de fibra de aluminio utilizando cemento GU	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 73. Diseño de pavimento rígido con diseño patrón utilizando cemento HE	¡Error! Marcador no definido.

Anexo 74. Diseño de pavimento rígido con adición de 0.25% de fibra de aluminio utilizando cemento HE.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 75. Análisis de precio unitario para cada uno de los cementos utilizados sin adición de fibra de aluminio y con adición de fibra de aluminio.....	215
Anexo 76. Análisis de precio unitario de los aceros en juntas del pavimento rígido	219

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRA DE ALUMINIO PARA MEJORAR SUS RESISTENCIA”

Autor: Yagual Tomalá Christian José

Autor: Limón Reyes Jennifer Ariana

Tutor: Ing. Moreno Alcívar Lucrecia, MSc.

RESUMEN

Durante los últimos años la demanda del tránsito vial ha provocado que exista una mayor congestión vehicular provocando un problema para el usuario que hace uso de la vía, entre las principales problemáticas están la falta de obras viales y el mantenimiento de las vías existentes, debido a su alto costo de construcción se ha evaluado una alternativa con el fin de dar solución a estas dificultades por lo que se ha implementado una metodología de diseño de pavimento rígido a partir de la adición de fibra de aluminio, es por eso que el objetivo del presente trabajo de investigación es diseñar un pavimento rígido convencional y otro pavimento rígido a partir de la elaboración de mezclas patrones adicionando fibras de aluminio en diferentes proporciones, con la finalidad de alcanzar un mayor comportamiento en resistencias mecánicas, obtener el porcentaje óptimo de fibra a emplear y a su vez que permita disminuir el espesor de la losa de hormigón en comparación con la del diseño sin adición de fibra, disminuyendo su costo de construcción y proporcionando a la losa de hormigón mayor rigidez y resistencia frente a cargas vehiculares prolongando la vida útil del pavimento.

Palabras clave: Hormigón, hormigón fibroreforzado, pavimento, pavimento rígido, pavimento reforzado con fibras.

ABSTRACT

In recent years, the demand for road traffic has caused greater vehicular congestion, causing a problem for the user who uses the road, among the main problems are the lack of road works and the maintenance of existing roads, due to their high construction cost. An alternative has been evaluated to solve these difficulties, for which a rigid pavement design methodology has been implemented from the addition of aluminum fiber, so the objective of this research is to design a conventional rigid pavement and another pavement rigid from the elaboration of a standard mixtures adding aluminum fibers in different proportions, in order to achieve a higher performance in mechanical resistance, obtaining the optimum percentage of fiber to use and in turn, it allows to reduce the thickness of the slab of concrete compared to the design without adding fiber, reducing the cost of construction and repair of the concrete slab, greater rigidity and resistance to vehicular loads, prolonging the useful life of the pavement

Keywords: Concrete, fiber-reinforced concrete, pavement, rigid pavement, fiber-reinforced pavement.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del Tema

Sotil Levy and Zegarra Riveros (2015), describen que el hormigón es uno de los materiales constructivos más utilizados en el ámbito de la construcción en diferentes proyectos de obras civiles. Debido a que cuenta con una gran gama de propiedades mecánicas durante el amasado del hormigón y después del fraguado de este. Por otro lado Montalvo Guevara (2015), expresa que la utilización del hormigón en el campo de la construcción se da en un sinnúmero de obras civiles tales como edificaciones, vías de comunicación o carreteras, losas industriales, puentes, muelles, etc.

El presente trabajo de investigación se enfocará en el diseño de losas de hormigón para pavimentos, las cuales partirá de muestras patrones que luego serán comparados con nuevos diseños que reforzarán a dichas losas con un material adicional como fibras de aluminio. En el país son muy escasas las investigaciones y la aplicación de fibras de aluminio a pavimentos rígidos sin embargo gracias al aporte de nuevas tecnologías es posible indagar más acerca de proyectos en beneficio de la sociedad y que permitan optimizar los métodos de construcción ya sea en durabilidad, resistencia y costo.

Bernaola Chuquillanqui (2014), en su proyecto investigativo indica que un pavimento rígido básicamente es una losa de hormigón el cual se asienta sobre una capa de base o subbase. La losa de pavimento, al poseer una considerable rigidez y elevado módulo de elasticidad, permite absorber gran parte de los esfuerzos que se

ejerce sobre la estructura del pavimento, provocando una alta distribución de las cargas del tráfico, ocasionando tensiones muy bajas en la subrasante.

Los espesores del pavimento o losa de hormigón son diseñados en base a los estudios y cálculos matemáticos que están relacionados con las cargas que soportará el pavimento para poder alcanzar la resistencia estimada. Montalvo Guevara (2015), manifiesta que las cargas aplicadas sobre la losa de pavimentos al ser de tipo dinámica y cíclicas, provoca que la losa se deteriore con el transcurso de los años, reduciendo considerablemente su nivel de serviciabilidad y podría darse el caso de comprometer la estructura en general, por ello se debe adoptar nuevas metodologías como es el caso de uso y aplicación de fibras dentro del diseño, el cual resulta una solución integral y rentable.

Rodriguez Zevallos De Videira (2018), cita que los materiales del cual está conformado el pavimento rígido es una mezcla de agregado grueso, agregado fino, cemento hidráulico, agua y aditivos que ajustan las propiedades de ingeniería, dicha mezcla se la realiza bajo una normativa de diseño las cuales dependen de cargas que se efectúan sobre la calzada, también dependerá de los materiales que se utilizarán lo cual deben cumplir con la norma que nos exigen para lograr una buena dosificación.

Para poder obtener un pavimento rígido con las especificaciones técnicas requeridas se necesita realizar ensayos de laboratorio de los materiales a utilizar los cuales serán el agregado grueso, agregado fino, etc. Por lo tanto, los materiales deben cumplir las normas requeridas para su uso, lo cual nos permitirá una buena estructura del pavimento.

El material que se va a añadir a este pavimento es fibra de aluminio un material que es muy fácil de conseguir y de tratar, por tanto, lo utilizaremos como un agregado

adicional en nuestra mezcla de hormigón, con el fin de lograr mejores resistencias. Así mismo establecer costos de este nuevo pavimento rígido con fibras de aluminio, para ello se llevará a cabo una comparación de precios de la losa de pavimento convencional con la losa de pavimento adicionada con fibras de aluminio.

1.2 Antecedentes

El ámbito de la construcción en las últimas décadas ha evolucionado considerablemente, no solo en mejorar las técnicas de diseño y cálculo, sino también ha tenido múltiples avances en la tecnología para incrementar las propiedades del hormigón, esto se debe a que a lo largo de la historia han experimentado incorporando materiales nuevos y novedosos al mismo.

No obstante, a partir del siglo XVIII aparece el denominado cemento hidráulico que posee la propiedad de fraguar con el agua, pero no es hasta el siglo XIX que da origen al Cemento Portland llamada así por su supuesta apariencia y similitud con la roca caliza del mismo nombre como expresa Alvarez et al. (1995).

De acuerdo con el contenido de *Tipos de hormigón y sus propiedades* (2007), desde la invención del hormigón en el siglo XIX, se ha convertido en el material estructural más utilizado por sus múltiples propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en estado fresco el hormigón permite tener propiedades como consistencia, docilidad, homogeneidad; en cambio en estado endurecido este permite obtener propiedades como densidad, compacidad, permeabilidad, dureza y resistencia.

Parrales Clavijo (2020), enfatiza que a inicios del siglo XX, aparece con mayor medida la alternativa de reforzar el hormigón convencional, pasando de compuestos simples para revestimientos a elementos con carácter estructural como: pavimentos y

prefabricados, con el progreso tecnológico en el sector de la construcción, se comienza a indagar más sobre las incorporaciones de fibras al hormigón y las principales ventajas de su uso.

Tipantasig and Gabriel (2014), menciona que, si bien el uso de fibras como refuerzo no es algo novedoso, es algo que se ha venido experimentando en el diseño de hormigones utilizados en la construcción para mejorar la calidad del material debido que constituye a una práctica manipulada desde hace miles de años. Desde el inicio de la historia se conoce que muchas de las construcciones ya utilizaban fibras de origen natural como pajas y espigas de trigo, comprobando que el concreto puede mejorar algunas de sus propiedades físicas, logrando con este refuerzo aumentar principalmente su resistencia.

Vidaud et al. (2015a) destaca que en la década de los 60 y ,en pleno desarrollo constructivo, empieza a desarrollarse más el concreto reforzado con fibras incluyendo materiales sintéticos y vidrio en su diseño, presentando ventajas adicionales como disminución de peso, a diferencia de las que incluyen fibras de acero como principal componente en su estructura, destacando a la resistencia como una de las ventajas más relevantes que se logra obtener con este tipo de material que se desarrollaron en la década de los 50.

No obstante, Montalvo Guevara (2015), sostiene que a partir de la década de los 70 es que se empieza a implementar fibras en diferentes proyectos de mayor magnitud siendo los países europeos los primeros en ejecutar pavimentos industriales, pavimentos de tableros de puentes, concretos proyectados para túneles, estructuras a bases de concretos reforzados y muchas más aplicaciones relacionadas a la construcción de obras civiles.

Mendoza Vargas et al. (2012), afirma que investigaciones realizadas han demostrado que las fibras actuando como refuerzo mejoran las características del hormigón como es la resistencia a tracción, aportan mayor resistencia a cargas dinámicas y aumentan la resistencia al cortante. Además, tienen la finalidad de controlar el proceso de fisuración, aumentando la resistencia a flexo tracción y tenacidad entendiéndose ésta como la capacidad del concreto en absorber energía.

Sin embargo para Fernández Cánovas (s.f.) los diferentes tipos de fibras que son incorporados como refuerzo al hormigón están dispersas en toda su masa de manera discontinuas, obteniendo una distribución discreta y uniforme que otorga a la mezcla una buena trabajabilidad y uniformidad. Las diferentes propiedades mecánicas y la excelente transmisión de tensiones van de la mano de los distintos componentes o situaciones, pero por lo general dependen más de la naturaleza y del tipo de fibra a emplear.

En la actualidad se puede encontrar diversos investigaciones y estudios que han utilizado concreto reforzados con fibras destacando el acero y el material sintético como los más utilizados, para Sotil Levy and Zegarra Riveros (2015), el acero es uno de los materiales que más acogida ha tenido en el ámbito de la construcción debido a sus múltiples aplicaciones, una de las investigaciones que más destaca el uso de fibras de acero la compone las ramas militares, han utilizado hormigones con este tipo de fibras en diferentes obras como hangares, carros de combate blindados, circuitos protegidos frente al impacto de proyectiles, entre otras obras de tipo militar.

Vidaud et al. (2015a), sostiene que a lo largo de la historia diferentes normativas registran a los concretos fibroreforzado a los elaborados a partir de un conglomerado hidráulico, agregados, agua y fibras distribuida en su masa tales como

las fibras metálicas, vidrio, naturales y sintéticas. Asimismo, menciona que entre las fibras metálicas se destaca las de acero, carbono y aluminio; las naturales abarcan el carbón, asbesto, celulosa, fibras vegetales como la de estopa de coco, sisal, entre otras. Y en las sintéticas se encuentran el nylon, polietileno de alta densidad, polipropileno, poliéster, poliacrilo, entre otras.

Por consiguiente para Rodríguez Giler (2016), una de las grandes contribuciones a la mezcla de hormigón es la adición de las fibras metálicas y sintéticas en su masa. Múltiples investigaciones han demostrado que el hormigón convencional posee resistencia a esfuerzo de compresión, pero en esfuerzos de tracción falla considerablemente, sin embargo, con la aplicación de fibras metálicas produce que el hormigón obtenga muchas más ventajas que el hormigón convencional, debido a que mejoraría sus propiedades físicas y mecánicas.

El desarrollo de infraestructuras de pavimentos rígidos atraviesa grandes retos en la actualidad debido al incremento de tránsito vehicular y su capacidad de carga, el mismo que demanda una mejora de las vías con excelente capacidad de servicio y durabilidad. Por otro lado, la escasez de recursos ha impulsado a mejorar el material, innovando a través de la implementación de fibras metálicas o de cualquiera otra índole en su estructura, siempre y cuando sea apropiada para ser utilizada en dichos pavimentos.

1.3 Planteamiento del Problema

En diferentes sectores urbanísticos donde hay mucha afluencia de tráfico vehicular se utiliza generalmente pavimento rígido porque es más resistente y no sufren deformaciones en los costados ya sean por la compresión que se le aplica, por ello se realiza diseños acordes a la necesidad de movimientos de vehículos.

Existen diferentes factores que afectan la estructura del pavimento ya sea por falta de resistencia o una sobrecarga que se le da a la vía y a las exposiciones ambientales por tanto la estructura del pavimento rígido sufre grietas o hundimientos, se sabe que el hormigón a altas temperaturas se dilata y al mismo tiempo si la losa de hormigón posee un mayor porcentaje de acero de refuerzo mayor será el número de agrietamientos o pequeñas aberturas en su estructura, originando un acceso para fluidos que afectan directamente al núcleo del pavimento.

Navas Carro and Rojas Juárez (2010), en su artículo investigativo enfatiza que el mecanismo de las fibras de aluminio al integrarse al hormigón como elemento de refuerzo es opuesto al comportamiento de un hormigón convencional, debido a que el hormigón fibroreforzado además de brindarle durabilidad también permite que el hormigón tenga un aumento en la ductilidad del elemento. Además Caballero and Karen (2017), manifiesta que las fibras en el hormigón presenta muchas ventajas en sus propiedades mecánicas como módulo de rotura, mejora la resistencia a flexión, reducción de tamaño máximo de grietas por efecto de cargas o temperatura, excelente agente para absorber energía, mejora el comportamiento esfuerzo-deformación, entre otros.

A diferencias de las fibras metálicas, los concretos reforzados con barras de refuerzo están ubicados de manera continua y son diseñados para optimizar el rendimiento de un hormigón no reforzado. El comité ACI554.1R-96 (2002), manifiesta que las fibras son discontinuas y generalmente se distribuyen aleatoriamente por toda la matriz de hormigón, además las fibras se están utilizando en aplicaciones estructurales con refuerzo convencional, asimismo debido a la

flexibilidad de los métodos de fabricación, el hormigón reforzado con fibras puede ser un material de construcción económico y útil.

La integración de este tipo de fibras al hormigón resulta de gran beneficio debido a que posee ventajas al momento de ser implementada en su construcción, Barros (2000), refiere a estas preeminencias en ventajas económicas que derivan, fundamentalmente, de la supresión de la mano de obra necesaria para cortar y colocar las armaduras convencionales y en el menor tiempo de ejecución de la estructura y las ventajas técnicas que están relacionadas con el refuerzo homogéneo que garantizan las fibras, con la ductilidad que introducen en el hormigón y con el mejor comportamiento de fisuración del hormigón.

1.4 Justificación

La meta del tema propuesto es diseñar un hormigón adicionando un nuevo componente físico como es el aluminio con el fin de poder alcanzar mayores resistencias con iguales espesores cumpliendo la normativa de diseño para pavimentos rígidos, esta investigación permitirá disminuir el agregado grueso para así poder utilizar el agregado metálico.

El metal tiene grandes ventajas en el hormigón una de ella es la ductilidad, lo cual nos ayuda que el hormigón alcance un aumento en la resistencia a la tracción y esto dependerá del porcentaje de adición del aluminio y la adherencia con el mismo. Por otro lado, el aluminio es un metal que se oxida si no se tiene buena limpieza sobre la superficie, pero al contacto con la mezcla de cemento-agua tendría una reacción con el agua, pero no afecta en su resistencia y esto solo dura hasta que el hormigón esté fraguado.

1.5 Objetivo de la Propuesta

1.5.1 Objetivo General

Diseñar y comparar un pavimento rígido convencional con otro pavimento rígido, adicionando fibras de aluminio en diferentes proporciones para cumplir con las resistencias a la flexión requerida para el diseño de vías.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a compresión y resistencia a flexión del hormigón endurecido de la mezcla patrón y de las mezclas con adición de fibra de aluminio.
- Cotejar las correlaciones del M_r/f'_c establecidas en el INECYC con los resultados de los ensayos realizados en la investigación.
- Comparar los diseños de pavimentos rígidos a partir del análisis de resultado partiendo del diseño de la mezcla patrón y la mezcla con adición de fibra de aluminio óptima, con la finalidad de poder reducir el espesor de la losa de pavimento.
- Analizar los costos unitarios de cada uno de los diseños de pavimentos obtenidos de acuerdo con el tipo de cemento utilizado.

1.6 Hipótesis

El implemento de las fibras de aluminio como material adicional al hormigón facilita que este material químico pueda contribuir a mejorar las propiedades mecánicas y físicas al concreto, permitiendo obtener resistencias mayores a la compresión en los cilindros y tener resultados favorables en cuanto a fallos a flexión de las vigas, y con ello reducir costo en la estructura del pavimento gracias a las excelentes resistencias que permite obtener con este material a la mezcla.

1.7 Alcance

La investigación y la parte experimental que se realizará en este tema de titulación permitirá lograr un diseño de hormigón en base a la adición de fibras de aluminio en la mezcla, que cumplan los parámetros de diseño del pavimento rígido, alcanzando la resistencia óptima para una vía con mayor afluencia de tránsito, donde tenga que soportar cargas elevadas y pueda satisfacer las necesidades de traslado siendo una vía segura, cómoda y con buena durabilidad de servicio.

La realización de los diseños a partir de los dos tipos de cementos GU y HE, que se utilizarán para la elaboración de las muestras patrones y las demás probetas cilíndricas y vigas que éstas a su vez contendrán fibras de aluminio en diferentes proporciones, permitirán comparar cada uno de los resultados obtenidos de las muestras realizadas y también comparar el costo de una construcción de un pavimento convencional con esta nueva propuesta de adición de fibras de aluminio, con la finalidad de plantear una nueva alternativa en cuanto a la construcción de pavimentos rígidos de una manera fácil, eficaz, durable y sobre todo segura.

El análisis de las resistencias tomadas de los cilindros y vigas de los diferentes ensayos que se van a ejecutar, los resultados deberán cumplir con lo establecido en el manual (NEVI 12). De igual modo la NEVI 12 (2013a) recomienda, para la ejecución de dichos ensayos que deben realizarse a las probetas y vigas del hormigón una vez realizada, deben cumplir con las disposiciones de cada una de las normas referente a hormigones hidráulicos, entre las normativas más relevantes que se deben analizar en cuanto a proceso y resultados están las normas NTE INEN 1763 (2010), NTE INEN 1576 (2011), NTE INEN 2554 (2011), entre otras.

Complementando a lo anterior la investigación y el uso adecuado y minucioso de las normas vigentes en el Ecuador permitirá que la losa de pavimento reforzado con fibras de aluminio tenga una mayor efectividad que las losas de pavimento rígido convencional, debido a que la adición de fibras de aluminio hará del proceso de construcción más fácil reduciendo la mano de obra y con ello disminuir el costo que normalmente alcanza la construcción de los pavimentos rígidos convencional, además, como ya se mencionó antes proporcionar más resistencia a la losa de pavimento.

1.8 Variables

Variable Independiente:

Propiedades mecánicas de los agregados del hormigón.

Porcentajes de fibras de aluminio.

Variable Dependiente:

Dosificación del hormigón.

Diseño del pavimento rígido sin y con el porcentaje óptimo de fibra de aluminio.

1.9 Metodología

El desarrollo de la investigación está enfocado en realizar un nuevo diseño de pavimento rígido incorporando fibras de aluminio, dichas fibras tendrán procedencia de materiales reciclado que luego será triturado para conseguir el tamaño adecuado que será incluido en el diseño, la metodología de trabajo partirá desde lo investigativo como la recopilación de información, revisando las diferentes normas y ensayos que se necesitarán para llevar a cabo el trabajo de titulación.

Para el proceso experimental del trabajo se partirá diseñando muestras patrones que contendrán los materiales que usaremos para la elaboración de todas las probetas

a realizar con la diferencia que estas no tendrán las fibras de aluminio en la mezcla de hormigón, estas muestras patrones se realizarán para cada uno de los cementos a utilizar en este caso se utilizarán cementos tipo HE y tipo GU. Por consiguiente, se procederá a realizar las demás probetas cilíndricas y las vigas de hormigón dependiendo de la dosificación calculada previamente y los ensayos de los materiales a utilizar, así mismo se elaborarán las probetas, usando cada uno de los dos tipos de cementos, incorporando a la mezcla el porcentaje de aluminio correspondiente.

Antes de elaborar las probetas y vigas se deben ensayar los materiales a utilizar, para identificar si el agregado es apto para el diseño, se procede a realizar los ensayos en el laboratorio de suelos y hormigón, dichos ensayos de caracterización del agregado serán ejecutados bajo las normas vigentes como ASTM C33/INEN 876.

Una vez ensayados los agregados a utilizar se procede a realizar las dosificaciones respectivas para los dos diseños de hormigón y para su elaboración y curado se basará mediante la norma NTE INEN 1576 (2011).

Una vez realizadas las probetas cilíndricas y las vigas se procede a evaluar las propiedades mecánicas para cada uno de los diseños. La NEVI 12 (2013a) recomienda para la ejecución de dichos ensayos que deben realizarse a las probetas y vigas del hormigón, se deben analizar que cuando la resistencia sea a la compresión o a la tracción como base para la aceptación del hormigón, se debe tomar muestras de acuerdo con la norma NTE INEN 1763 (2010), en cambio para resistencia a tracción por flexión las vigas se ensayarán según la NTE INEN 2554 (2011) con el finalidad de comparar resultados y obtener los objetivos planteados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Hormigón Hidráulico

El hormigón por sus múltiples propiedades y beneficios se ha considerado el material más utilizado en el ámbito de la construcción, no solo en este estado sino a nivel mundial, desde obras pequeñas o irrelevantes hasta obras civiles de gran magnitud.

Matallana Rodríguez and Cemento (2006), y Páez Sánchez (2018), sostienen que el hormigón hidráulico es una piedra artificial, catalogado como un material aglomerado, conformado por aire, agua, cemento hidráulico, agregados y en muchos casos aditivos, que al estar en estado plástico puede tomar diversas formas y este a su vez en estado endurecido puede resistir esfuerzos mecánicos y puede ser durable con el paso del tiempo.

Escalante Reyes and Avila Mendoza (2015), señalan que las demandas de hormigones de mejor calidad son principalmente en características de durabilidad y resistencias, que gracias a los avances tecnológicos y los múltiples aditivos en el mercado es posible producir hormigones que cumplan con estas expectativas de acuerdo con su uso y estado climático.

2.2 Componentes del Hormigón

2.2.1 Cemento Hidráulico

Desde el 2007 la Asociación Americana de Ensayo de Materiales clasificó al cemento portland como Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y TIPO V, de acuerdo con la norma ASTM C150-07 (2007). Actualmente la industria cementera Holcim (2015a)

define al cemento hidráulico a aquel que tiene como función fraguar y endurecer mediante la reacción con el agua y del mismo modo hacerlo sumergido bajo el agua. La norma NTE INEN 2380 (2011) destaca los requisitos de desempeño que deben cumplir los cementos hidráulicos y los clasifica de acuerdo a los tipo de cementos descritos a continuación:

- **Tipo GU.** Para construcciones en general. Se lo debe utilizar cuando no se requiere uno o más de los tipos especiales;
- **Tipo HE.** Alta resistencia inicial;
- **Tipo MS.** Moderada resistencia a los sulfatos;
- **Tipo HS.** Alta resistencia a los sulfatos;
- **Tipo MH.** Moderado calor de hidratación;
- **Tipo LH.** Bajo calor de hidratación.

2.2.1.1 Cemento Hidráulico Tipo GU. De acuerdo con Holcim (2015a), se define cemento tipo GU al que está diseñado para cualquier tipo de construcción en general, cumpliendo con los estándares de la norma NTE INEN 2380 (2011) con respecto a su resistencia, durabilidad y desempeño. Entre las ventajas que brinda el cemento hidráulico tipo GU destaca las siguientes: proporciona excelente resistencia mecánica para todo tipo de construcciones, optimiza el manejo de las mezclas, reduce el nivel de segregación y exudación, disminuye el calor de hidratación e indica que el tiempo de fraguado es favorable para la construcción en general y proporciona resistencia química al ataque de sulfatos.

2.2.1.2 Cemento Hidráulico Tipo HE. Citando a Holcim (2015b), el cemento tipo HE, es un cemento hidráulico de alta resistencia y de desencofrado rápido, excelente para la elaboración de hormigón que requieran alcanzar altas resistencia a

edades tempranas, recomendado para la construcción de estructuras de pavimentos, centrales hidroeléctricas, obras de infraestructura general e incluso obras que estén en zonas de alto riesgo sísmico.

El cemento hidráulico tipo HE además de brindar seguridad y confianza en el sector de la construcción, en la aplicación de múltiples proyectos civiles, provee diferentes ventajas como lo describe (Holcim, 2015b), a continuación: alta resistencia iniciales y finales, mejora el rendimiento operativo de las mezclas de hormigón, reduce la segregación y exudación, disminuye la tendencia a la fisuración en estructuras de elevados niveles, resistencia química moderada al agua del mar y excelente para resistir al ataque de sulfatos, permitiendo una rápida colocación, ahorro en consumo por metro cúbico y brindar una mayor durabilidad en obras estructurales.

2.2.2 Agregado Fino

El agregado fino es una parte fundamental para la elaboración de hormigones hidráulicos, para Harmsen (2005), es uno de los elementos inertes del hormigón, debido a que no interviene en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, debe cumplir con diferentes características como ser un agregado durable, limpio y estar libre de impurezas como: limo, arcillas y materia orgánicas. En el caso que contenga limo o arcilla este no debe presentar más del 5% estimado y en el caso que presente materia orgánica no debe exceder el 1.5%; su tamaño óptimo debe estar entre 1/4" y para su utilidad debe cumplir con las especificaciones detallados en la norma ASTM C33.

2.2.3 Agregado Grueso

Chapoñan Cueva and Quispe Cirilo (2017), sostienen que el agregado grueso por lo general es un material proveniente de una grava de origen natural o fraccionada, piedra triturada o agregados reciclados como material metálicos, escombros de hormigón, entre otros. El agregado grueso debe ser un material limpio, rugoso, resistente y preferible de forma angular o semiangular, al igual que el agregado fino este debe estar libre de impurezas y sustancias dañinas como: polvo, limo, escamas, sales, tierra y materia orgánica. No obstante, para que un agregado grueso sea estimado para la elaboración de diseños de hormigón esta debe cumplir con los requisitos determinados en la norma ASTM C33.

2.2.4 Agua

El agua como todo material de construcción debe cumplir con diferentes requisitos para poder ser utilizado, para Robalino Cabrera and López Chipre (2018), la validez de un buen hormigón depende de la procedencia y que tan limpia este el agua para su uso, debido a que le otorga trabajabilidad a la mezcla en estado fresco, para luego formar parte en el proceso de curado en estado endurecido, logrando que el hormigón este hidratado y a su vez mantenerlo en condiciones de altas temperaturas.

Sin embargo, si el agua no es la adecuada y presenta impurezas, Lindao Cedeño and Romero Ortega (2018), sostienen que el agua no solo puede afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del hormigón, sino también puede ser la causa de eflorescencia, manchado, corrosión, inestabilidad volumétrica y menor durabilidad.

2.3 Propiedades del Hormigón Hidráulico

2.3.1 Propiedades del Hormigón en Estado Fresco

El hormigón hidráulico en estado fresco es considerado así desde el momento en que la mezcla es compacta y puede ser moldeado antes de que se proporcione el fraguado final de la mezcla. Citando a Páez Sánchez (2018), el hormigón en estado fresco estipula la facilidad que tiene el material para ser amasado, transportado, manipulado, puesto en obra y compactado. Entre las propiedades que se destaca el hormigón fresco se encuentran las siguientes:

2.3.1.1 Trabajabilidad. Chapañan Cueva and Quispe Cirilo (2017), definen a la trabajabilidad al rango de dificultad que puede tener la mezcla de hormigón para que pueda ser transportado, colocado y compactado con facilidad. Su valoración depende del proceso al que esté sometido la obra estructural, es decir a las destrezas manuales y de los implementos mecánicos que se disponga durante las etapas de construcción, debido a que la trabajabilidad del hormigón puede variar si las condiciones cambian.

2.3.1.2 Consistencia. Cando Lara (2016), define a la consistencia como la capacidad que demuestra el hormigón en estado fresco a experimentar deformaciones. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo de cono de Abrams.

2.3.1.3 Docilidad. Guamán Ordoñez and Pinenla López (2019), mencionan que la docilidad es un sinónimo de trabajabilidad del hormigón fresco. Refleja la capacidad que tiene para ser puesto en su lugar de destino con los medios de compactación que se dispongan.

2.3.1.4 Homogeneidad. Como expresa el manuscrito de (*Tipos de hormigón y sus propiedades 2007*), la homogeneidad es la cualidad de distribuir por toda la masa de todos los componentes del hormigón en las mismas proporciones. A la cualidad de homogeneidad se opone el defecto de la segregación o decantación.

2.3.1.5 Densidad. La densidad en un hormigón se describe a la cantidad de peso del material por una unidad de volumen (m^3), compactado normalmente incluyendo sus huecos. Tiene relación directa con los elementos que se utilizan en su composición, es decir con la clase de áridos que se han utilizado para su elaboración, se puede determinar mediante métodos geométricos como se menciona en la norma NTE INEN 857 (2010).

2.3.2 Propiedades del Hormigón en Estado Endurecido

El hormigón hidráulico en estado endurecido se asemeja a una piedra artificial que presenta múltiples ventajas una vez que fragua y seca al ambiente. Páez Sánchez (2018), sostiene que el hormigón en estado endurecido debe tener propiedades como resistencia satisfactoria de acuerdo con el diseño, así mismo proporcionarle estabilidad volumétrica, baja permeabilidad y durabilidad adecuada, que lo haga útil como material de construcción con propiedades específicas. Las propiedades que más se destacan en el hormigón en estado endurecido son:

2.3.2.1 Durabilidad. Kosmatka et al. (1992) destacan que la durabilidad de un hormigón se puede definir como la habilidad que tiene dicho elemento en resistir a la acción del ambiente al que está sometido de la misma manera resistir al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades durante la vida útil al que está diseñado.

2.3.2.2 Permeabilidad. Guamán Ordoñez and Pinenla López (2019) expresan que el hormigón es un material permeable, es decir, que al estar sometido a presión de agua exteriormente se produce escurrimiento a través de su masa. La permeabilidad del hormigón no es una simple función de su porosidad, pues depende también del tamaño, distribución y continuidad de dichos poros, de la misma manera también depende en lo particular de la relación agua/cemento.

2.3.2.3 Resistencia a la Compresión. Kosmatka et al. (1992), define como resistencia a compresión a la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de hormigón, por lo general se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2) o en megapascuales (MPa) a una edad de 28 días, esta resistencia se logra a partir de la relación que existe entre el agua y el cemento o con la interacción con todos los materiales utilizado en la mezcla de hormigón.

Por otro lado la norma NTE INEN 1573 (2010), recomienda tener cuidado en la interpretación del significado de la determinación de la resistencia a compresión con los procedimientos de este método de ensayo, puesto que la resistencia es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón elaborado con materiales dados y los resultados dependerán del tamaño y forma del espécimen, dosificación, procedimiento, método de muestreo, moldeado, temperatura y condiciones de humedad durante el proceso de curado del hormigón.

2.3.2.4 Resistencia a la Flexión. Según la norma NTE INEN 2554 (2011), este método de ensayo se utiliza para determinar la resistencia a la flexión de los especímenes de hormigón preparados y curados. Es un parámetro que nos permite obtener hasta qué punto resiste una viga o losa de hormigón sin refuerzo longitudinal mediante una prueba flexional transversal, se obtiene a través de cargas sobrepuestas

en las vigas de hormigón de una sección transversal de 150 x 150 mm y con una luz de por lo menos tres veces el espesor, para luego ser ensayado mediante el método de la carga en los tercios de la luz libre dando como resultado el Módulo de Rotura (Mr).

2.3.2.5 Módulo de Elasticidad. Cando Lara (2016), sostiene que el módulo de elasticidad es un parámetro que presenta el comportamiento elástico de un material, en relación al esfuerzo al que está sometido. El módulo de elasticidad del hormigón representa la rigidez de este material ante una carga impuesta sobre el mismo. El ensayo para la determinación del módulo de elasticidad del concreto se hace por medio de la Norma ASTM C469-02 (2002), y tiene como principio la aplicación de carga estática y de la correspondiente deformación unitaria producida.

2.4 Hormigones Reforzados con Fibras

2.4.1 Avances de los Hormigones Reforzados con Fibras

Los hormigones reforzados con fibras han ido evolucionando de una manera prolífera debido a los avances tecnológicos que ha adquirido el ámbito de la construcción y gracias a las múltiples investigaciones que han tenido enfoque en este método constructivo, empleando fibras de cualquier tipo al hormigón.

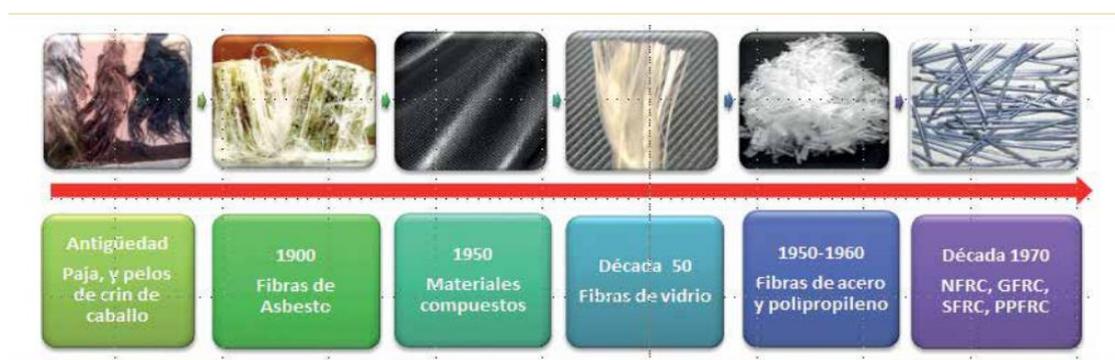
Desde el punto de vista de Rodríguez Giler (2016), las fibras como refuerzo vienen teniendo protagonismo desde hace 4000 años. En esa época ya utilizaban la fibra como complemento para perfeccionar propiedades, claros ejemplares se manifiestan en la baja Mesopotamia donde manipulaban paja para fabricar adobes de barro cocidos al sol y de la misma manera también se usaban pelos de caballos para armar el yeso.

Dichas fibras naturales fueron manipuladas hasta el año 1935 aproximadamente, sin embargo, Montalvo Guevara (2015), destaca que a partir de los 50 se da inicio a las nuevas investigaciones sobre la incorporación de fibras de acero y vidrio en el hormigón, así mismo menciona que a partir de los 60 se dio origen a la aplicación de las fibras sintéticas pero no es hasta la década de los 70 en pleno desarrollo tecnológico que se empieza a utilizar en países de Europa fibras metálicas y sintéticas en diferentes proyectos como revestimiento de túneles, pavimentos industriales, pavimentos de tableros de puentes, contenedores de puentes, entre otros.

Ya en la época de los 90 según Vidaud et al. (2015a), se empieza a popularizar la utilización de las fibras de vidrio en construcciones prefabricadas, surgiendo incluso una institución que regula su empleo como lo es la Asociación Internacional del Concreto Reforzado (GRCA por sus siglas en inglés). A mitad del siglo XX los resultados de estas investigaciones en cuanto a la incorporación de fibras al hormigón han sido recogidas y publicadas durante décadas por instituciones y sociedades profesionales, entre ellas se destaca el comité ACI, normativas como ASTM y RILEM, código europeo EFNARC, entre otras.

Figura 1

Línea de tiempo de la evolución de hormigones reforzado con fibras



Nota: Tomado de Vidaud et al. (2015a)

Teniendo en cuenta a Cando Lara (2016), quien manifiesta que en las últimas 5 décadas se ha producido un gran progreso en la industria de la construcción, desarrollando muchas más investigaciones acerca de los hormigones reforzados con fibras, no solo en mejorar las técnicas de diseño, sino también a la tecnología del propio hormigón, destacando que el hormigón con este elemento incorporado puede modificar su comportamiento después del rango lineal, debido al efecto residual de las fibras post-fisuración, aumentando de esta manera la capacidad de energía de absorción, durabilidad y control de fisuración.

En la actualidad son muchos los tipos de fibras que se siguen utilizando ya sea en aplicaciones de proyectos civiles o para investigaciones, pero para Rodríguez Giler (2016), el tipo de fibra que sobresale son las metálicas que vienen teniendo gran éxito y aceptación, gracias a los diferentes trabajos de investigación que han revelado que al usar este tipo de fibras han conseguido grandes ventajas y han mejorado las propiedades en el hormigón.

2.4.2 Definición de Hormigón Fibroreforzado

Según el manuscrito de los Tipos de hormigón y sus propiedades (2007), el hormigón fibroreforzado es una composición a partir del cemento hidráulico, que a su vez contiene agregados finos y gruesos, además de presentar en su masa fibras de manera discontinuas en toda su mezcla, distribuyendo a las fibras de una manera discreta y uniforme permitiéndole al material una gran isotropía y homogeneidad.

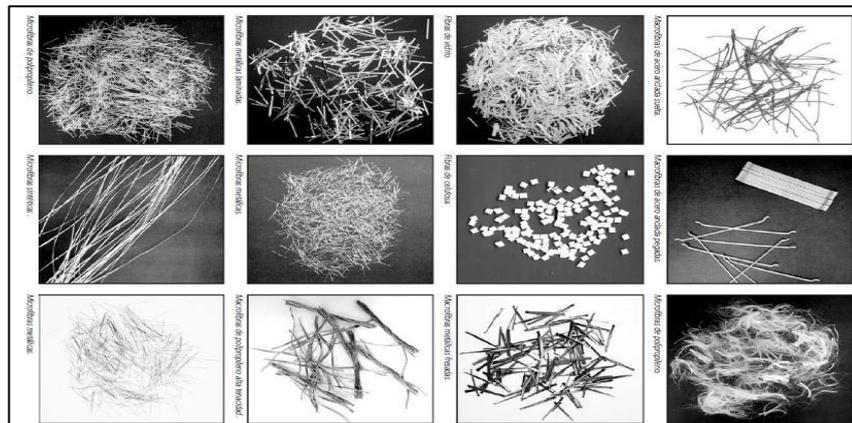
Fernández Cánovas (s.f.) destaca también que la efectividad de la acción reforzante y la eficacia de las propiedades que puede generar este tipo de hormigón depende de muchos factores en especial de la naturaleza y del tipo de fibra a emplear, destacando las minerales, naturales, metálicas y sintéticas como las más utilizadas.

2.5 Las Fibras

Tipantasig and Gabriel (2014), definen como fibra a aquellos filamentos discontinuos de pequeña sección transversal y longitudinal orientadas a lo largo de un solo eje, en el entorno se pueden encontrar cualquier tipo de fibras ya sean de origen natural o de procedencia industrial. De la misma manera Kosmatka et al. (1992), enfatizan que las fibras se encuentran en el medio de diferentes formas, tamaño y espesor; pueden hallarse de formas cilíndricas, onduladas o rizadas, llanas y deformadas con longitud típica de 60 mm a 150 mm y espesores variados de 0.005 mm a 0.75 mm.

Figura 2

Tipos de fibras usados en el mercado



Nota: Tomado de la página web www.researchgate.net/figure/Figura-3-Algunos-tipos-de-fibras-usados-en-el-mercado-MACCAFERRI-2007_fig2_323453303

Dentro de las principales mejoras en las propiedades que inducen las fibras en el hormigón Millán Castillo (2013), cita los más importante: reduce la fisuración, estabilidad dimensional, incrementa la fuerza mecánica, incremento de la resistencia a tracción, flexotracción y cortante, y baja conductividad térmica. De la misma manera para el uso efectivo de fibras en el hormigón se debe tener en cuenta las siguientes

características: las fibras deben ser significativamente más rígidas que la matriz (un módulo de elasticidad más alto), debe existir una buena adherencia entre la fibra y la matriz, su longitud debe ser suficiente y deben tener un a alta relación de aspecto (largas con relación a su diámetro).

2.5.1 Tipos de Fibras

2.5.1.1 Clasificación de las Fibras Según su Función. Teniendo en cuenta a Parrales Clavijo (2020), las fibras según su función se pueden clasificar en dos grupos como se describen a continuación:

2.5.1.1.1 Estructurales. Son aquellas que se pueden incluir en los cálculos de estado límite último o límite de servicio, con la finalidad de remplazar o reducir la armadura convencional, incrementando la energía de rotura que a su vez proporciona una mejoría en la resistencia a la fisuración en estado endurecido.

2.5.1.1.2 No Estructurales. Son aquellas que tienen como objetivo mejorar las características de comportamiento del hormigón como: resistencia al fuego, controlar la fisuración por retracción, abrasión, fisuración, impacto, etc., y de la misma manera aumentar su durabilidad en el tiempo

2.5.1.2 Clasificación de las Fibras Según su Tamaño. Las fibras como refuerzo secundario para hormigón también se puede clasificar en dos grupos según su tamaño como lo expresa Sika (2014).

2.5.1.2.1 Microfibras. Abarcan materiales como plástico, polipropileno, polietileno o nylon, estas fibras son empleadas normalmente para impedir de cierto modo las fisuras y grietas que pueden aparecer en el hormigón antes y después de las 24 horas. Por lo general para su diseño se usan entre el 0.03% a 0.15% de fibra por

volumen de hormigón para la dosificación. Las más frecuentes son las fibras de polipropileno de diámetro entre 0.023 mm a 0.050 mm, pueden ser monofilamentos o fibriladas, de dosificaciones extremadamente bajas que oscilan entre 0.3 a 1.2 kg/m³ de hormigón las cuales previenen la fisuración del hormigón por retracción plástica.

2.5.1.2.2 Macrofibras. Pueden ser de tipo metálica, sintética, o naturales; la finalidad de usar este tipo de fibras es permitir que el hormigón en estado endurecido reduzca el ancho de las grietas o fisuras. El implemento de este tipo de fibras para su dosificación va desde el 0.2% a 0.8% por volumen de la mezcla, los mismos se usan como refuerzo distribuido en todo el espesor del elemento, este tipo de fibras actúan con gran similitud a una malla electrosoldada y a las varillas de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento.

Estos elementos tienen aplicaciones específicas dentro de las obras de infraestructura como pavimentos de concreto, soportes de taludes en vías, túneles vehiculares, hidráulicos y elementos prefabricados. Sin embargo, al ser elementos punzocortantes se ha limitado su uso en pavimentos de hormigón, más cuando se trata del uso de fibras de acero, debido a que se cree que algunas partículas metálicas quedan expuestas y pueden limitar la vida útil de las llantas, o pueden causar accidentes. Sin embargo, estas posibilidades son muy remotas cuando se aplican buenas prácticas en la colocación y el acabado en la superficie de los pavimentos tal como lo mencionó Argos (2020).

Tabla 1*Características de macrofibras y microfibras*

Característica de macrofibras y microfibras				
Tipo	Material	Dosificación	Diámetro	Función
Macrofibra	Fibras metálicas, sintéticas, o naturales (coco, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc.).	Entre 0.2% a 0.8% del volumen del hormigón.	Entre 0.05 mm y 2.00 mm. Relación de aspecto (Largo/Diámetro) de entre 20 y 100.	Evita la fisuración del hormigón en estado endurecido. Reducir la abertura de la fisuración. Garantiza el adecuado desempeño del elemento fisurado.
	Las más frecuentes son las fibras de polipropileno; aunque también las hay de aramida, acrílicas, nylon, carbón.	Entre 0.03% a 0.15% del volumen del hormigón	Entre 0.023 mm y 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas. Las microfibras al tener diámetros tan pequeños se califican con el parámetro de Denier (*)	Evita la fisuración del hormigón en estado fresco (ejemplo contracción plástica).

(*) Denier es la unidad de medida del sistema anglosajón utilizada para medir la masa lineal de una fibra; se define como el peso en gramos de 9000 metros de una sola fibra. En general, una fibra se considera como microfibra, si tiene 1 Denier, o menos.

Nota: Tomado de Vidaud et al. (2015b)

2.5.1.3 Clasificación de las Fibras Según su Material. Otra de las maneras de clasificar las fibras como refuerzo para hormigones es según su material, las mismas se detallan a continuación:

2.5.1.3.1 Fibras Sintéticas. Kosmatka et al. (1992), definen como fibras sintéticas a aquellas que son procedentes del hombre, abarcan las acrílicas, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno, siendo resultados del desarrollo de muchas industrias petroquímicas y textiles. La finalidad de las fibras sintéticas es reducir la contracción o retracción plástica y las fisuraciones del hormigón, normalmente se usan para realizar losas muy delgadas de hormigón con el fin de retardar el desarrollo de baches.

2.5.1.3.2 Fibras de Vidrio. Mendoza Vargas et al. (2012), enfatizan que las fibras de vidrio son materiales de procedencia mineral fabricado por el hombre, se obtiene a partir de la arena sílice que a su vez es complementada por otros elementos para lograr un producto con las características deseadas, que después de ser sometidos a un proceso riguroso con un tratamiento antialcalino se obtiene dichas fibras, esto con la finalidad de hacerlas más resistentes.

Lindao Cedeño and Romero Ortega (2018), sostienen que el vidrio como materia prima se emplea como material de refuerzo debido a que es fácilmente hilable en fibras de altas resistencias, produce compuestos de alta resistencia cuando se encuentra embebida en una matriz plástica y adquiere materiales compuestos químicamente inertes útiles en una gran variedad de ambientes corrosivos.

2.5.1.3.3 Fibras Naturales. Las fibras naturales como su nombre mismo lo indica son fibras que se pueden encontrar en el ambiente de forma natural, a diferencia de las otras fibras estas no son creadas por el hombre. Según Kosmatka et al. (1992), afirma que las fibras naturales se han usado como refuerzo mucho antes de la llegada del hormigón estructural convencional, claros ejemplos del uso de fibras naturales son la fabricación de ladrillos reforzados con paja y morteros reforzados con crin de

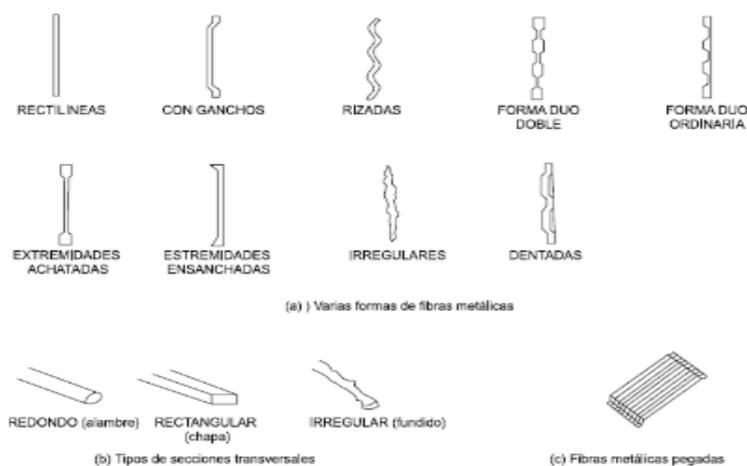
caballo, con el fin de fortificar materiales frágiles utilizados en la construcción y dotarle una mayor resistencia y durabilidad a las obras de esa época.

2.5.1.3.4 Fibras Metálicas. Delgado Delgado (2017), menciona que las fibras metálicas por lo general son elementos producidos por el hombre de manera industrial, elaboradas de diferentes formas y dimensiones a partir de un material metálico con propiedades específicas. El armado disperso del hormigón con fibras metálicas mejora considerablemente las propiedades mecánicas del mismo, haciendo del hormigón un material más resistente y durable.

Tal como describe Fernández Cánovas (s.f.) el uso de las fibras metálicas como refuerzo en el hormigón es de manera tridimensional, dispersas homogéneamente en todo el volumen de la masa, estas fibras se caracterizan normalmente por su geometría y estas a su vez varían extensamente desde diferentes tipos de secciones hasta variación en la forma longitudinal de la fibra.

Figura 3

Diferentes formas de fibras metálicas



Nota: Tomado de Camargo Rodríguez (2013)

Como expresan Navas Carro and Rojas Juárez (2010), la incorporación de este tipo de fibras además de permitir que el hormigón sea más resistente y durable, también otorga que el elemento sea más dúctil, mejorando significativamente la resistencia a flexión, disminución del tamaño y número de grietas en la superficie y aumento en la capacidad para absorber energía.

2.5.2 Especificaciones Técnicas de la Fibras Metálicas 80/50 DRAMIX

La incorporación de fibras al hormigón de varias formas y tamaño procedentes de diferentes materiales tiene un rol importante en cuanto a la evolución de los hormigones fibroreforzado desde la antigüedad, ya que se sabe que su aplicación brinda mejoras en sus propiedades mecánicas. Al ser una investigación en base al uso de incorporación de fibras de aluminio la empresa Construcciones Civiles & Aplicaciones (2021) facilitó la información necesaria como las especificaciones técnicas, principales propiedades, ventajas y aplicaciones de las fibras metálica 80/50 DRAMIX.

Tabla 2

Especificaciones técnicas de la fibra metálica 80/50 DRAMIX

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS										
Norma	Medidas			Composición química (%)				Resistencia a la tracción	Punto de fusión	Dosificación mínima
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	C	Mn	SI	P	MPa	°C	Peso (kg/m ³)
A 820 TIPO 2	50	2.5	0.80	0.10	0.39	0.18	0.028	500 - 2000	1200	10

Nota: Proporcionado por la compañía CONSTRUCCIONES CIVILES & APLICACIONES

2.5.2.1 Principales Propiedades de la Fibra. La fibra metálica está desarrollada para mejorar la durabilidad y propiedades mecánicas del concreto. Es el mejor refuerzo estructural, al disipar esfuerzos en todos los sentidos, alargando la vida útil de los elementos hormigonados.

2.5.2.2 Ventajas del Uso de la Fibra Metálica 80/50 DRAMIX. Información proporcionada por la empresa Construcciones Civiles & Aplicaciones (2021) destaca que el uso de fibra metálica puede aportar ventajas como:

- El comportamiento mecánico de la estructura es igual en todas las direcciones gracias a la distribución homogénea de las fibras metálicas
- Incrementa la resistencia a la abrasión y a la erosión de la superficie
- Eleva la durabilidad de los pavimentos, ya que minimiza la aparición de grietas y fisuras en el hormigón
- Proporciona mayor resistencia a la compresión, tracción, flexión, cortante, traduciéndose en mayor capacidad portante
- Aumenta la tenacidad y la ductilidad del hormigón tradicional.
- Mayor resistencia a impactos, explosiones y cargas dinámicas y cíclicas.
- Es posible combinarse con malla, para constituir un sistema estructural más resistente.

2.5.2.3 Aplicaciones de la Fibra Metálica 80/50 DRAMIX. Estas fibras al tener propiedades mecánicas factibles para ser incorporado en hormigones pueden ser aplicado en pisos industriales, pisos comerciales, pavimentos continuos sin juntas y elementos pre modelados.

2.5.3 Aplicaciones de Hormigones Reforzados con Fibras Metálicas

2.5.3.1 Pavimentos. Entre los proyectos constructivos más comunes que han implementado este tipo de fibras a su diseño se encuentran pavimentos industriales, portuarios, aeroportuarios y vías de comunicación. Estas estructuras para Camargo Rodríguez (2013), son técnicamente losas apoyadas directamente al suelo, sometidas a cargas puntuales, distribuidas o lineales, son normalmente reforzados con la finalidad de disminuir los efectos de retracción y temperatura, y mejorar los esfuerzos a flexión cuando sea necesario.

Las proporciones de fibras metálicas como expresa Montalvo Guevara (2015), usualmente varían entre 0.20 % al 2% del volumen de concreto, pero cuando los volúmenes sean mayor al 2% estas proporciones podrían afectar considerablemente la trabajabilidad de la mezcla de hormigón.

Por otro lado Sotil Levy and Zegarra Riveros (2015), manifiestan que la aplicación de fibras metálicas en los pavimentos rígidos ha proporcionado grandes ventajas indiscutibles a diferencia del uso de mallas de acero convencional, debido a que las adiciones de fibras al hormigón facilitan su ejecución en obra y por ende la reducción de mano de obra.

2.5.3.2 Hormigones Proyectados. Los hormigones proyectados como su nombre lo indica es un hormigón lanzado mediante máquinas especiales, normalmente es utilizado con la finalidad de revestir taludes, que usualmente generan peligro a poblaciones que están cerca de estas pendientes.

Según Camargo Rodríguez (2013), el proceso de ejecución de las fibras constituye a la distribución de las mismas por toda la mezcla de hormigón que será

proyectado, ocasionando un mejor comportamiento triaxial frente a las tensiones de corte y flexión, debido a que disminuye considerablemente las fisuras por contracción. Al mismo tiempo el comportamiento del hormigón proyectado frente a la absorción de esfuerzos mejora considerablemente, las fibras le proporcionan ductilidad siempre y cuando las proporciones de fibras a utilizar sean adecuadas.

2.5.3.3 Elementos Prefabricados. La industria de prefabricados ha evolucionado con el paso del tiempo, haciendo más fácil el proceso de construcción en muchos proyectos civiles, por esta razón Camargo Rodríguez (2013), manifiesta que el desarrollo en esta industria ha sido la aplicación de fibras metálicas como método para reforzar al hormigón, debido a la velocidad de producción que genera el uso de las fibras metálicas y por consiguiente reduce la demora en la fase de instalación de la armadura convencional. Asimismo, el uso de fibras metálicas permite mecanizar el proceso, mejorando las características del producto.

2.6 Pavimentos

Un pavimento de acuerdo con Monsalve Escobar et al. (2012), está compuesto por un conjunto de capas horizontales que se diseñan y construyen de materiales seleccionados que van colocadas sobre el terreno natural, su propósito es recibir en forma directa las cargas de tránsito y distribuir las con uniformidad a las capas inferiores, permitiendo a los vehículos una operación rápida, cómoda y segura, en el plazo establecido para el cual está diseñado el pavimento.

Para que un pavimento sea de buena calidad Monsalve Escobar et al. (2012), manifiesta que los materiales que conforman la estructura de pavimento deben ser óptimos, para resistir las cargas que transitan sobre él a diferencia de las capas que son colocadas a mayor profundidad que pueden ser de menor calidad siempre y cuando

cumplan con las normas establecidas y para que este pueda ser transitado de manera segura debe satisfacer los siguientes atributos como: regularidad superficial longitudinal y transversal, resistencia adecuada al derrapamiento en todo tiempo, rápida evacuación de agua superficial, capacidad para soportar cargas vehiculares, bajo nivel de ruido, bajo nivel desgaste de las llantas, adecuadas propiedades de reflexión luminosa y apariencia agradable.

2.6.1 Tipos de Pavimentos

2.6.1.1 Pavimento Flexible. Según Montejo Fonseca (1998), un pavimento flexible es aquel que está formado por una carpeta bituminosa apoyada normalmente sobre dos capas no rígidas, capa de base y subbase. Sin embargo, en muchos casos estas capas pueden eliminarse o aumentarse según lo decida la persona a cargo del proyecto basado a la necesidad de cada obra

2.6.1.2 Pavimento Articulado. Montejo Fonseca (1998), define a los pavimentos articulados aquellos que están compuestos por una capa de rodadura, elaborados con bloques de hormigón prefabricados normalmente conocido como adoquines, estos son de espesor uniforme e iguales entre sí. Por lo general van colocadas sobre una capa delgada de arena, la misma que se apoya sobre una base granular o directamente sobre la subrasante.

2.6.1.3 Pavimento Semi-rígido. Tal como mencionan Robalino Cabrera and López Chipre (2018), un pavimento semi-rígido por lo general se la asemeja a un pavimento flexible, debido a que esencialmente cuenta con la misma estructura, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos, con la finalidad de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son adecuados para usarlos

por si solo para la construcción de las capas de pavimento, debido a que los materiales convenientes podrían hallarse a largas distancias lo cual incrementaría notablemente el costo de la construcción.

2.6.1.4 Pavimento Rígido. Robalino Cabrera and López Chipre (2018), definen al pavimento rígido aquel que está constituido por una losa de hormigón hidráulico, sostenida sobre una capa granular o subrasante sobrepuesta de materiales procesados, permitiendo distribuir los esfuerzos producido por el tránsito de forma minimizada debido a la alta rigidez y elevado coeficiente de elasticidad del hormigón hidráulico. Además, como el hormigón es capaz de resistir en cierto grado esfuerzo a tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. Su capacidad estructural depende de la resistencia de las losas ya que es donde más se concentran las cargas vehiculares, limitando los esfuerzos a las demás capas.

2.6.2 Tipos de Pavimentos Rígidos

2.6.2.1 Pavimento de Hormigón Simple. Según Miranda Rebolledo (2010), son pavimentos que no poseen en su estructura refuerzo longitudinal y transversal, ni elementos para transferir carga en las juntas. Estas transferencias de cargas se adquieren a partir de la conexión de los agregados en unión con las caras fisuradas debajo de las juntas que se han desarrollado. Para obtener una eficaz transferencia de carga, es fundamental que el espacio entre juntas sea de corta longitud y se recomienda para casos en que volumen de tránsito es de tipo mediano o bajo.

2.6.2.2 Pavimento de Hormigón Simple con Pasajuntas. Miranda Rebolledo (2010), los define como pavimentos que se construyen sin acero de refuerzo. Los pasajuntas son barras circulares de acero liso de corta longitud, que van colocadas en

las juntas de contracción en la sección transversal del pavimento. Su principal función es transmitir las cargas que se ejercen en una losa a la losa adyacente, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas evitando una de las principales fallas de los pavimentos rígidos como son los denominados escalonamientos.

2.6.2.3 Pavimento de Hormigón Reforzado. Para Zagaceta Gutierrez and Romero Ordoñez (2008), este tipo de pavimento por lo general son los más utilizados, son aquellos que en su estructura contienen acero de refuerzo y de la misma manera pasajuntas en las juntas de contracción. Son construidos con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales, debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o varias grietas transversales, sin embargo, al poseer acero de refuerzo las grietas posibles no serían capaces de separarse, logrando una excelente transferencia de cargas.

2.6.2.4 Pavimento de Hormigón con Refuerzo Continuo. Zagaceta Gutierrez and Romero Ordoñez (2008) definen a los pavimentos con refuerzo continuo a los construidos sin juntas de contracción, ya que presentan un gran contenido de acero en dirección longitudinal. Por lo general este tipo de pavimento desarrolla fisuras transversales a intervalos muy cortos, son embargo, por la presencia del refuerzo se desarrollan un alto grado de transferencia de cargas en las caras de las fisuras.

2.6.2.5 Pavimento de Hormigón Presforzado. Miranda Rebolledo (2010), indica que están constituido a base de losas que han sido previamente esforzadas y de esta manera no contienen juntas de construcción. Se han ensayado varios sistemas de presfuerzo y postensado con la finalidad de llegar a soluciones de pavimentos de espesor reducido hasta un 50%, gran elasticidad y capacidad de soporte, y reducción de juntas. Pero dichas técnicas en carreteras no han sido muy utilizadas debido a que

han presentado muchas dificultades, sin embargo han tenido más aplicación en aeropuertos en los cuales en muchos casos han tenido un comportamiento excelente, tanto en pistas como en plataformas.

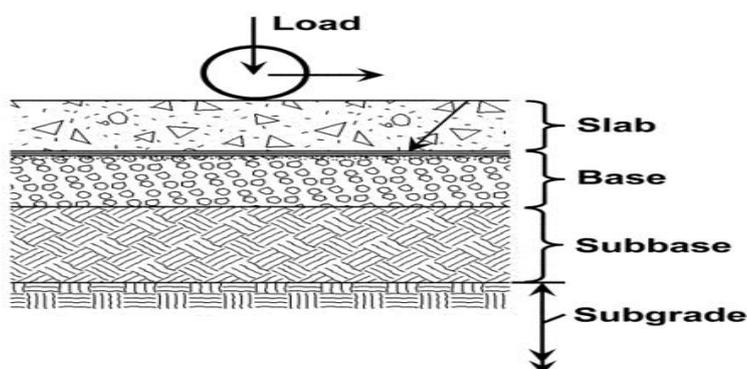
2.6.2.6 Pavimentos de Hormigón Fibroreforzado. Según Zagaceta Gutierrez and Romero Ordoñez (2008), son tipos de losas el cual su estructura se compone de fibras metálicas, productos plásticos o fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente en toda la mezcla de hormigón, el implemento de fibras ha tenido grandes ventajas en cuanto a su manera de construcción y su vez ha mejorado sus propiedades mecánicas como aumento de resistencia a la tensión, fisuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, entre otros.

2.6.3 Estructura de un Pavimento Rígido

Lo primordial para un diseño de pavimento, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado. A continuación, se muestra la sección típica de un pavimento rígido y sus componentes que la conforman.

Figura 4

Estructura de un pavimento rígido



Nota: Tomado del Código ACI 360R-06 (2006)

2.6.3.1 Losa. Burgos Vasquéz (2014), sostiene que la losa de un pavimento rígido es la que se ubica en la parte superior construida de hormigón, sobre una base o directamente sobre la subrasante, en ella circulan los vehículos durante el servicio del pavimento. La losa de hormigón al estar en contacto directo con los ejes de los vehículos debe ser resistente a la abrasión o desgaste y distribuir de forma adecuada los esfuerzos provocados por el tránsito vehicular, permitiendo transferir un menor porcentaje de cargas a la parte inferior de la losa de la estructura de pavimento.

2.6.3.2 Base y Subbase. Chapoñan Cueva and Quispe Cirilo (2017), consideran que la finalidad de usar estas capas es impedir el paso de cualquier material fino con agua (bombeo) a las grietas, juntas y extremos de la estructura del pavimento y soportar los esfuerzos proporcionados por las cargas vehiculares, en este caso la base y subbase reciben menos esfuerzos a diferencia de la losa que recibe la mayor parte. Sin embargo, funcionan como capa de drenaje para proteger la estructura superior, impidiendo la acción de bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento.

2.6.3.3 Subrasante. De acuerdo con Chapoñan Cueva and Quispe Cirilo (2017), es el área acabada de la vía en cuanto a movimiento de tierras, es decir el corte o relleno que se puede optar para la construcción vial, su finalidad es soportar y estabilizar toda la estructura, está contiene suelos aptos previamente seleccionados para poder ser utilizado y transportado, su compactación es a través de diferentes capas de material con el propósito que no se vea afectada ante las cargas procedente del tráfico. Por consiguiente, es importante evaluar los asentamientos posibles que se podrían generar en el área de soporte certificando que en el caso que existan asentamientos sea mínimo el rango de variación. De la misma manera no se debe

descartar condiciones como terrenos suaves o rellenados con material inapropiado, son la causa de hundimiento o levantamiento en las losas.

2.6.4 Cargas

Una losa de pavimento según el comité ACI 360R-06 (2006), debe diseñarse para un estado crítico con distintas combinaciones de cargas a las que pueda estar sometida la estructura de pavimento como son: cargas vehiculares, cargas concentradas, cargas distribuidas, cargas en línea, cargas inusuales., considerando las variables que producen el esfuerzo máximo. Por otro lado, también se debe tener en cuenta las cargas que pueden variar durante la vida útil del pavimento, proyectando la afluencia de tráfico actual al tiempo de vida útil que estará diseñada la vía.

2.6.4.1 Cargas Vehiculares. Son los pesos de todos los tipos de vehículos que circulan por la vía, pero la mayor parte de las cargas se enfocan en los vehículos pesados como camiones, maquinaria pesada, monta carga, etc. La carga útil y gran parte del peso de un camión generalmente son transportado por las ruedas del eje cargado, por lo general los vehículos pesados son los que generan más esfuerzos en la zona de contacto entre las llantas y la superficie de rodadura, la misma que se transmite a través del sistema multicapas de una estructura de pavimento dependiendo del tipo de pavimentos que se aplique.

2.6.4.2 Cargas Concentradas. Son aquellas fuerzas aplicadas sobre un área pequeña o reducida como estanterías pasillos estrechos, paletas altas o apilamiento de materiales y el uso de equipos de apilado automatizados. El efecto del asentamiento del suelo a largo plazo también debe considerarse en el diseño de la losa por el contrario si no se toma en cuenta ocasionarían daño como agrietamiento que pueden restringir a la losa y evitar la activación de las juntas.

2.6.4.3 Cargas Distribuidas. Son cargas aplicadas directamente sobre pisos de almacenes industriales, los esfuerzos de flexión en la losa suelen ser menores que los producidos por cargas concentradas. El diseño debe evitar grietas de momento negativo en los pasillos y evitar un asentamiento excesivo. Del mismo modo para intensidades de carga más altas y cargas uniformes a largo plazo, el efecto del asentamiento diferencial del suelo también debe considerarse en el diseño de la losa.

2.6.4.4 Cargas en Línea o en Franjas. Carga uniforme distribuida en un área relativamente estrecha. Se puede considerar que una carga es una carga en línea o en franja si su ancho es menor que $1/3$ del radio de rigidez relativa de la losa. Cuando el ancho se aproxima a este límite, la losa debe revisarse para detectar tensiones producidas por carga lineal y carga uniforme.

2.6.4.5 Cargas Inusuales. Son las condiciones de cargas que no se ajusten a los tipos de cargas discutidos anteriormente. Pueden diferir de la siguiente manera: configuración del área cargada, carga distribuida a más de un eje y más de dos o cuatro ruedas por eje.

2.6.5 Juntas en Pavimentos Rígidos

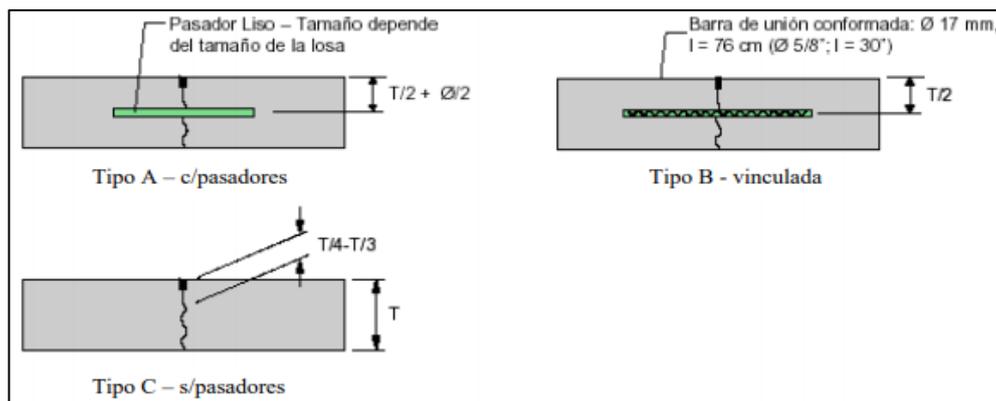
Según Morales Olivares (2004), la función principal de las juntas consiste en conservar la elasticidad de la losa de pavimento dentro de los valores admisibles, ocasionadas por acción de la contracción y expansión de la estructura del pavimento provocadas por las cargas vehiculares; o disipar tensiones debido a las posibles grietas producidas debajo de la losa. Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura y pueden ser longitudinales y transversales de acuerdo a la dirección o eje en el que pueden ir ubicadas. Según la American Concrete Pavement Association

(1992) clasifica a las juntas de acuerdo a la función que cumplen, se les denomina de contracción, construcción y expansión o aislamiento.

2.6.5.1 Juntas de Contracción. Controlan principalmente el agrietamiento natural en el pavimento. Su espaciamiento, profundidad de corte de sierra y tiempo de formación de la junta son todos críticos para el desempeño de las juntas. El diseño adecuado de juntas transversales para pavimentos lisos y reforzados especificará el intervalo de juntas que controlará las grietas y proporcionará una transferencia de carga adecuada a través de las juntas.

Figura 5

Tipos de juntas de contracción

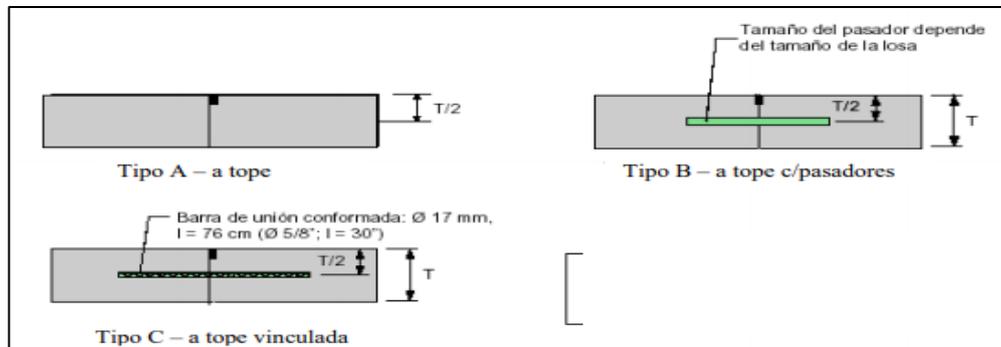


Nota: Tomada de Morales Olivares (2004)

2.6.5.2 Juntas de Construcción. Se utilizan para separar construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, como al final de la pavimentación de cada día, en los puentes e intersecciones. Pueden ser de tipo longitudinal o transversal logrando una transferencia de cargas mediante el empleo de pasadores. En la figura 6 se observan los diferentes tipos de juntas de construcción.

Figura 6

Tipos de juntas de construcción

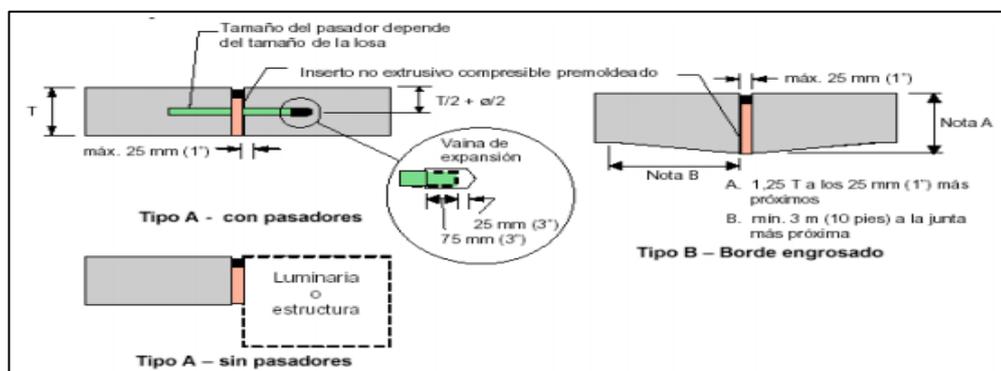


Nota: Tomada de Morales Olivares (2004)

2.6.5.3 Juntas de Aislamiento o Expansión. Permiten que se produzcan movimientos diferenciales horizontales y verticales anticipados entre un pavimento y otra estructura sin dañar el pavimento o la estructura. Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura y de la misma manera se utilizan para aislar estructuras existentes.

Figura 7

Tipos de juntas de aislamiento o expansión



Nota: Tomada de Morales Olivares (2004)

2.6.6 Sellos en Pavimentos Rígidos

Morales Olivares (2004), sostiene que la principal función de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura de pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de estas. En la sección del sello se debe considerar una vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta y el costo de control de tránsito en cada aplicación de sello. Todo material de sello de juntas de pavimentos rígidos debe certificar un excelente servicio a largo plazo y para ello debe establecer características como impermeabilidad, deformabilidad, resiliencia, adherencia, resistencia, estable y durable.

2.6.7 Parámetros Importantes para el Diseño de un Pavimento Rígido

2.6.7.1 Estudio del Tráfico. Es de primordial importancia conocer el tipo de vehículo, el número de veces que pasa y el peso por eje de ese tipo de vehículo. De acuerdo con la NEVI 12 (2013b) en un estudio vial siempre será fundamental establecer el parámetro tráfico mediante el análisis del tráfico que circula en la vía objeto del proyecto o si es una ruta nueva conocer el tráfico de la vía más cercana al proyecto. Existen varios métodos para establecer la cantidad de vehículos que circulan por una vía tales como el conteo manual, grabaciones, registro de estaciones de peajes, registro de matriculación vehicular en una ciudad o provincia, etc. Todo conteo de tráfico tiene como objetivo determinar un valor individual conocido como el TPDA (tráfico promedio diario anual) con el cual se va a diseñar una determinada vía.

2.6.7.1.1 ESAL's de Diseño. La NEVI 12 (2013b) denomina ESAL'S de diseño al valor que es determinado a partir del cálculo de los ejes equivalentes en toneladas de cada uno de los tipos de vehículos que circulan previo al conteo de tráfico,

durante el periodo de diseño de la vía y que a su vez es multiplicado por el factor carril y direccional dependiendo al número de carriles que estará diseñado la vía.

2.6.7.2 Nivel de Serviciabilidad. La serviciabilidad en un pavimento tiene que ver con el grado de confort que tiene el usuario en todo el trayecto de una vía, la guía AASHTO 93 (1993) destaca que esta medida va de 5 (excelente) hasta 0 (intransitable), existen dos serviciabilidades a considerar en el diseño de un pavimento una inicial P_o (post construcción) y una final P_t (término del periodo de diseño de la estructura del pavimento). En pavimentos flexibles se toma una serviciabilidad inicial de 4.2 y en pavimento rígidos una serviciabilidad inicial de 4.5 y la serviciabilidad final se la estima en base al grado de deterioro que se estime para la vía que se está diseñando.

2.6.7.3 Factores de Crecimiento, Factor de Dirección y Factor Carril. El factor de crecimiento (FC) está en función del periodo de diseño y la tasa de crecimiento vehicular que depende al tipo de vehículo, ya que cada tipo de vehículo puede tener una tasa de crecimiento distinta, dado a que regularmente no crecen al mismo ritmo. Según la AASHTO 93 (1993) el factor de direccional recomendado por lo general es de 50%, aunque este valor puede variar entre 30 a 70% dependiendo al número de carriles en las dos direcciones y el factor carril está en función al número de carriles en cada sentido, para vías de dos carriles, el carril de diseño puede ser cualquiera de los dos, mientras que, para vías de carriles múltiples, generalmente es el carril externo.

2.6.7.4 Desviación Normal Estándar (Z_r). Coronado Iturbide (2002) indica que la desviación normal estándar es un valor que depende del nivel de confiabilidad al que estará diseñado la vía, el parámetro de confiabilidad se obtiene a partir del grado de certeza en el método de diseño, con el fin de mantener a la vía durante el periodo

que ha sido diseñado, soportando las cargas provocadas por el tráfico y los daños producido por el ambiente.

2.6.7.5 Coeficiente de Drenaje (Cd). Los efecto del drenaje en que la estructura del pavimento está expuesto ha sido estimado por la guía AASHTO 93 (1993) mediante un coeficiente de drenaje (Cd). Este coeficiente esta dado en función de la calidad de drenaje que depende del tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada de la estructura del pavimento y de la exposición a la saturación que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad.

2.6.7.6 Coeficiente de Transmisión de Carga (J). De acuerdo con la AASHTO 93 (1993) en un factor utilizado para el diseño de pavimentos rígidos, se usa con la finalidad de distribuir de manera adecuada las cargas a través de los extremos de las losas, dicho valor se la determina en función al total de ejes equivalentes y al tipo de pavimento rígido (reforzadas con juntas, armadura continua, etc.) al que se está diseñando.

2.6.7.7 Módulo de Elasticidad del Hormigón (Ec). La guía AASHTO 93 (1993), señala que el módulo de elasticidad del hormigón es una medida que denota la rigidez ante una cargas impuesta a lo largo de la losa de pavimento. Es la relación entre el esfuerzo que experimenta el material y la deformación. Las deflexiones, derivas y tensiones influyen directamente con el módulo de elasticidad del hormigón. El módulo de elasticidad en una estructura de pavimento de hormigón armado continuo junto con los coeficiente de expansión térmica y el de contracción del hormigón, son los que presiden el estado de rigidez en la armadura.

2.6.7.8 Módulo de Rotura del Hormigón (Mr). De acuerdo con la AASHTO 93 (1993), para el diseño de pavimento rígido el módulo de rotura es un parámetro muy importante debido a que la losa de hormigón trabaja principalmente a flexión, tiene la finalidad de controlar el agrietamiento por fatiga del pavimento, ocasionado por las cargas cíclica y repetitivas de vehículos pesado. Se le conoce también como resistencia a la flexión por tensión (S_c) o Módulo de Ruptura (MR).

2.6.7.9 Módulo de la Reacción de la Subrasante (k). Coronado Iturbide (2002), sostiene que el Módulo de reacción (k) de la superficie en que se apoya el pavimento de concreto o Modulo efectivo de la subrasante, es el valor de la capacidad soporte del suelo y para su determinación depende del valor de CBR de diseño.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL HORMIGÓN

3.1 Características de los Agregados

De acuerdo a la norma NTE INEN 695 (2010), nos indica la importancia de conocer las características principales del agregado grueso y fino para sus diferentes aplicaciones más aun en la elaboración de un hormigón para pavimento rígido. Para los presentes ensayos se utilizarán agregados que se encuentran en el mercado de la construcción de la provincia de Santa Elena, el árido grueso es proveniente de la cantera “Calizas Huayco” y el árido fino de la cantera “El triunfo”.

3.2 Ensayos de los Agregados

Para determinar los parámetros que serán utilizados para el diseño de la mezcla de hormigón deben cumplir las especificaciones técnicas establecidas en las normas ecuatorianas vigentes NTE INEN 695 (2010) y NTE INEN 872 (2011), con la finalidad de elaborar un hormigón que cumpla con la resistencia requerida para el diseño del pavimento rígido.

3.2.1 Ensayo de Análisis Granulométrico (NTE INEN 696, 2011)

En este ensayo se utiliza en lo primordial para determinar la graduación de materiales con el fin de que puedan ser utilizados como áridos para el diseño del hormigón. A partir de los resultados obtenidos se podrá verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en las normas antes mencionadas.

3.2.1.1 Agregado Grueso

Se procedió a realizar el ensayo del análisis granulométrico del agregado grueso para el tamaño $\frac{3}{4}$ " para constatar que su graduación cumpla con la norma establecida. En la Tabla 3 se puede observar los requisitos de graduación que debe cumplir el agregado grueso según el número de tamaño especificado y en la figura 8 se muestra la curva granulométrica que evidencia que el agregado grueso se encuentra dentro de los rangos establecidos en la norma NTE INEN 872 (2011)

Tabla 3

Requisitos de graduación para áridos gruesos

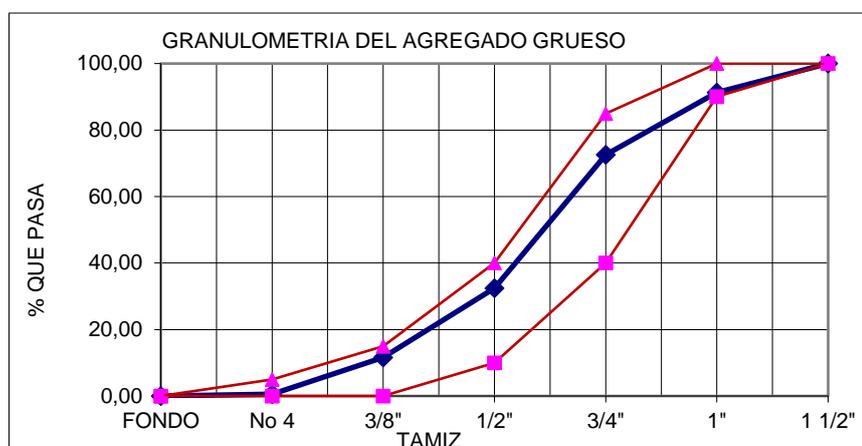
Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 μ m
1	de 90 a 37,5	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
2	de 63 a 37,5	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	de 50 a 25,0	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	de 50 a 4,75	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	de 37,5 a 19,0	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---
467	de 37,5 a 4,75	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	de 25,0 a 12,5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	de 25,0 a 9,5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	de 25,0 a 4,75	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	de 19,0 a 9,5	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	de 19,0 a 4,75	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	de 12,5 a 4,75	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	de 9,5 a 2,36	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	de 9,5 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	de 4,75 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

^A Al árido con número de tamaño 9, se lo define en la NTE INEN 694 como árido fino. Se lo incluye como árido grueso cuando está combinado con un material con número de tamaño 8 para crear el número de tamaño 89, que es árido grueso según se define en la NTE INEN 694.

Nota: Obtenido de la norma NTE INEN 872 (2011).

Figura 8

Curva granulométrica del agregado grueso.



3.2.1.2 Agregado Fino

Se procedió a realizar el ensayo del análisis granulométrico del agregado fino para determinar el módulo de finura y comprobar que este dentro de los rangos para su respectivo uso. En la Tabla 4 se puede verificar los requisitos de gradación del agregado fino y en la figura 9 se puede determinar que la curva granulométrica cumple con lo establecido en la norma NTE INEN 872 (2011).

Tabla 4

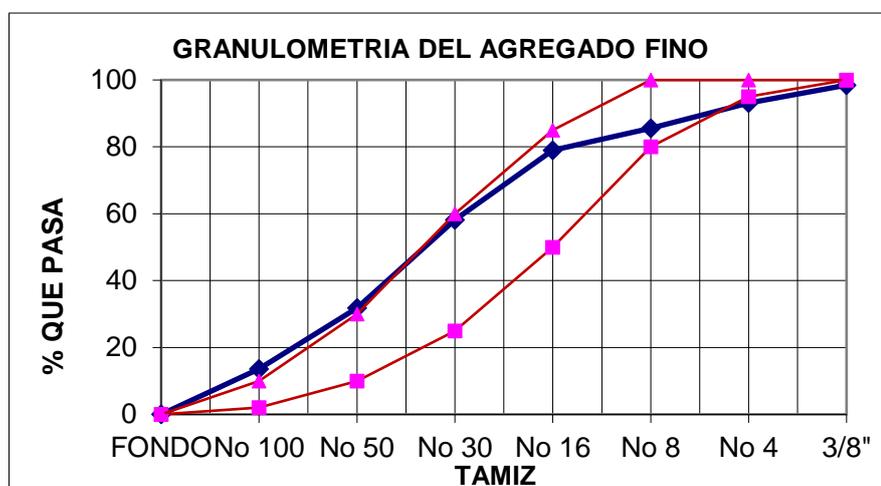
Requisitos de gradación para árido fino

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

Nota: Obtenido de la norma NTE INEN 872 (2011).

Figura 9

Curva granulométrica del agregado fino.



El módulo de finura es de 2.4 y se puede evidenciar en el Anexo 3.1.

3.2.2 Determinación de la Densidad Saturada Superficialmente Seca (NTE INEN 856, 2010) y (NTE INEN 857, 2010)

Se utiliza para determinar la densidad de la fracción sólida de una cantidad grande de partículas. Este proceso se desarrolló bajo las especificaciones que se detallan en las normas, para el árido grueso la norma NTE INEN 857 (2010), y para el árido fino NTE INEN 856 (2010). Los resultados obtenidos de (DSSS) y porcentaje de absorción se muestran en el Anexo 4 que servirán para las dosificaciones.

3.2.3 Determinación de Pesos Volumétricos (NTE INEN 858, 2010)

En el presente ensayo se requiere obtener la masa unitaria, ya que estos parámetros serán necesarios para la dosificación de la mezcla de hormigón. Para realizar este ensayo se debe colocar el agregado en un recipiente con una capacidad ya establecida como se muestra en la Tabla 5 y luego se procede a petrificar de acuerdo al método de ensayo descrito en la norma NTE INEN 858 (2010).

Tabla 5*Capacidad de los moldes.*

Tamaño máximo nominal del árido (mm)	Capacidad nominal del molde ^A m³ [litros]
12.5	0.0028 [2.8]
25	0.0093 [9.3]
37	0.014 [14]
75	0.028 [28]
100	0.070 [70]
125	0.100 [100]

^A Capacidad del molde a utilizar para ensayar áridos de un tamaño máximo nominal igual o menor que el correspondiente en la lista. El volumen real del molde debe ser de al menos el 95% del volumen nominal indicado.

Nota: obtenido de la norma NTE INEN 858 (2010)

3.2.3.1 Peso Volumétrico Varillado (PVV). Una vez ensayado el agregado grueso y sabiendo que este cumple con su graduación según la norma NTE INEN 872 (2011), se escoge el procedimiento por varillado para lo cual se utiliza una varilla de compactación recta y lisa de acero de 16 mm y para ellos se basa en el procedimiento y especificaciones detalladas en la norma NTE INEN 858 (2010). Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el Anexo 4.

3.2.3.2 Peso Volumétrico Suelto (PVS). Se toma una muestra del árido fino de acuerdo con lo establecido en la norma, en este procedimiento el material debe estar seco previo al ensayo, se procedió a llenar el molde hasta el tope y enrazar la parte superior del mismo con la finalidad de obtener la masa del molde y su contenido. Los resultados obtenidos en este ensayo se evidencian en el Anexo 4.

3.3 Diseño de Hormigón

El diseño de este hormigón será utilizado para pavimento rígido, el mismo requiere una resistencia a la compresión de 350 kg/cm², que serán ensayados dentro de los 28 días de acuerdo a la norma vigente NTE INEN 3124 (2017).

3.3.1 Método de Diseño

En la elaboración de este diseño se toma como base el criterio general del diseño de mezclas de acuerdo con el código ACI 211.1-91 (2002). Dicha metodología se presenta a continuación.

3.3.1.1 Selección del Revenimiento. De acuerdo con el tipo de estructura que se pretende utilizar este hormigón se selecciona el revenimiento. El tipo de elemento a utilizar es losas y pavimentos con lo cual se obtuvo un revenimiento máximo de 7.5 cm, en la Tabla 6 se muestran el revenimiento de acuerdo con el tipo de estructura.

Tabla 6

Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción.

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

(*) Pueden incrementarse en 2.5 cm cuando los métodos de comparación no sean mediante vibrado.

Nota: Obtenido del código ACI 211.1-91 (2002)

3.3.1.2 Selección del Tamaño de Agregado. El tamaño máximo del agregado se obtuvo al realizar el ensayo granulométrico, tal es el caso que el tamaño máximo del agregado grueso fue de $\frac{3}{4}$ " (19 mm). Dicho ensayo se detalla en el Anexo 2.

3.3.1.3 Selección del Contenido de Agua. Para la selección del contenido de agua es necesario definir si se incluye o no aire en el hormigón, esta se la obtiene de acuerdo con el revenimiento previamente seleccionado. El contenido de agua que se utilizará para el diseño de hormigón sin aire incluido es de 205 kg/m³ con un 2% de aire atrapado y se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado.

	Agua, kg/m³ concreto para TMG, mm							
Revenimiento (cm)	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
De 2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
De 7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
De 15 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
De 2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
De 7.5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119
De 15 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	---
Promedio recomendado de aire por incluir por exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Nota: Obtenido del código ACI 211.1-91 (2002)

De acuerdo con los porcentajes de absorción obtenidos de los agregados se debe realizar una añadidura en el contenido de agua con la siguiente fórmula:

$$\text{agua a añadir} = (\% \text{ de absorción } AG + \% \text{ de absorción } AF) * \text{agua tabulada}$$

$$\text{Volumen de agua corregido} = 218.20 \text{ lts.}$$

3.3.1.4 Selección de la Relación Agua Cemento. La razón existente entre el peso del agua y el peso del cemento es decir la relación agua-cemento (a/c), para su selección se necesita tener en cuenta la resistencia a la compresión para el cual se va a diseñar. La relación obtenida es de 0.48 en un concreto sin aire incluido de acuerdo

con la resistencia a la compresión de 350 kg/cm². Dicho resultado se obtiene de la Tabla 8 detallada a continuación.

Tabla 8

Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

Relación agua/cemento por peso		
Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm ²	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Nota: Obtenido del código ACI 211.1-91 (2002)

3.3.1.5 Cálculo del Contenido del Cemento. El contenido de cemento se obtiene a partir de la relación agua/cemento y el contenido del volumen de agua ya corregido de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{A}{a/c}$$

La cantidad de cemento por m³ de hormigón es de 454.59 kg.

3.3.1.6 Selección del Contenido de Agregado Grueso. En la selección del contenido de agregado grueso se necesita saber el tamaño máximo nominal del agregado y el módulo de finura del agregado fino previamente obtenido, que se

utilizará para obtener el resultado mediante la Tabla 9, la cantidad de agregado grueso es de 0.66 m³.

Tabla 9

Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

Tamaño máximo de agregado (mm)	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75(3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150(6")	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: Obtenido del código ACI 211.1-91 (2002)

3.3.1.7 Cálculo del Volumen de Agregado Fino. Para el cálculo de volumen de agregado fino se obtiene sumando los volúmenes conocidos y dicho resultado se le debe restar de un metro cúbico de diseño, entonces la diferencia será el volumen de agregado fino. El volumen de agregado fino es de 0.193 m³, estos resultados se pueden revisar en el Anexo 3.3.

3.4 Dosificación

El diseño de este hormigón se basó en las especificaciones técnicas descritas en el código ACI 211.1-91 (2002). Para esta investigación se realizó diferentes tipos de dosificaciones de acuerdo con el tipo de cemento y a la adición de fibra de aluminio.

Para la elaboración de la mezcla patrón de acuerdo a la norma NTE INEN 3124 (2017), se utilizaron dos tipos de cementos hidráulicos, el cemento GU para uso general y el cemento HE de alta resistencia inicial, a partir del diseño patrón se incorporan los distintos porcentajes de fibras de aluminio para este caso se añadió a la mezcla los siguientes porcentajes: 0.20%, 0.25% y 0.30% que es en relación al volumen absoluto de la mezcla patrón. A continuación, se detallan los cuadros de dosificaciones:

3.4.1 Dosificación General Aplicando Cemento GU

Tabla 10

Diseño general con cemento GU

CEMENTO "GU" USO GENERAL F'C = 350KG/CM2				
DOSIFICACIÓN PARA 1M3 DE HORMIGÓN				
COMP.	DISEÑO PATRON	0,20 % DE FIBRA AL.	0,25 % DE FIBRA AL.	0,30 % DE FIBRA AL.
Cemento	0.155 m ³	0.155 m ³	0.155 m ³	0.155 m ³
Piedra	0.365 m ³	0.365 m ³	0.365 m ³	0.365 m ³
Agua	0.218 m ³	0.218 m ³	0.218 m ³	0.218 m ³
Aluminio	-	0.00017 m ³	0.00022 m ³	0.00026 m ³
Arena	0.245 m ³	0.245 m ³	0.245 m ³	0.245 m ³

3.4.2 Dosificación General Aplicando Cemento HE

Tabla 11

Diseño general con cemento HE

CEMENTO "HE" ALTAS RESISTENCIA TEMPRANAS F'C = 350KG/CM2				
DOSIFICACIÓN PARA 1M3 DE HORMIGÓN				
COMP.	DISEÑO PATRON	0,20 % DE FIBRA AL.	0,25 % DE FIBRA AL.	0,30 % DE FIBRA AL.
Cemento	0.157 m ³	0.157 m ³	0.157 m ³	0.157 m ³
Piedra	0.365 m ³	0.365 m ³	0.365 m ³	0.365 m ³
Agua	0.218 m ³	0.218 m ³	0.218 m ³	0.218 m ³
Aluminio	-	0.00017 m ³	0.00022 m ³	0.00026 m ³
Arena	0.244 m ³	0.244 m ³	0.244 m ³	0.244 m ³

3.5 Elaboración y Curado de Probetas y Vigas de Hormigón

3.5.1 Cilindros

La elaboración de las probetas de hormigón se debe realizar bajo estrictas especificaciones técnicas que nos indica la norma NTE INEN 1576 (2011), lo cual nos indica el tipo de molde, herramienta a utilizar y el procedimiento necesario para la fabricación de los cilindros como se evidencia en el Anexo 12. Por consiguiente para el curado de los cilindros se debe realizar de acuerdo con la norma NTE INEN 2528 (2010), las probetas deben mantenerse húmedas entre el 95% y 100% después del fraguado.

3.5.2 Vigas

De acuerdo a lo especificado en la norma NTE INEN 1576 (2011) la longitud del molde de las vigas a elaborarse deben ser por lo menos de 450 mm con una sección

transversal de 150 mm por 150 mm, donde la mezcla de hormigón será vertido, moldeado y fraguado con la finalidad de determinar la resistencia a la flexión. De acuerdo con la INECYC (2009) el curado de las probetas prismáticas debe hacerse en las mismas condiciones que las cilíndricas, pero no menos de veinte horas antes de la rotura deben curarse en agua saturada con cal.

3.6 Resultados de los Ensayos del Hormigón

3.6.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión

Para la obtención de los resultados de la resistencia a la compresión se realizó mediante especificaciones descritas en la norma NTE INEN 1573 (2010), en donde la probeta de hormigón se la somete a una carga de compresión axial de acuerdo al porcentaje de adición de fibra de aluminio como se muestra en el Anexo 19.

En la Tabla 12, se indica el porcentaje de adición de fibra de aluminio y la resistencia a la compresión a los 28 días y en la figura 10 se muestra la gráfica del esfuerzo-deformación de acuerdo con las edades del hormigón aplicado con el cemento tipo GU (uso general).

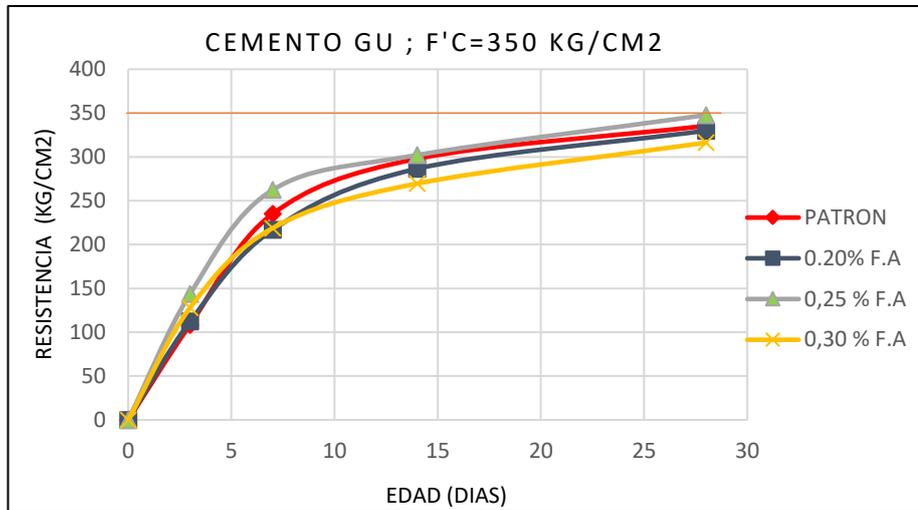
Tabla 12

Resultados de resistencia a la compresión con cemento GU.

% De adición de fibras de aluminio	Resistencia a la compresión (28 días)	
	F'c = Kg/cm ²	Eficiencia (%)
0,00% F.A	335.42	95.83%
0,20% F.A	329.92	94.28%
0,25% F.A	347.69	99.34%
0,30% F.A	316.21	90.35%

Figura 10

Esfuerzo - deformación para $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento GU.



En la Tabla 13, se indica el porcentaje de adición de fibra de aluminio y la resistencia a la compresión a los 28 días y en la figura 11 se muestra la gráfica del esfuerzo-deformación de acuerdo con las edades del hormigón aplicado con el cemento tipo HE (alta resistencia temprana).

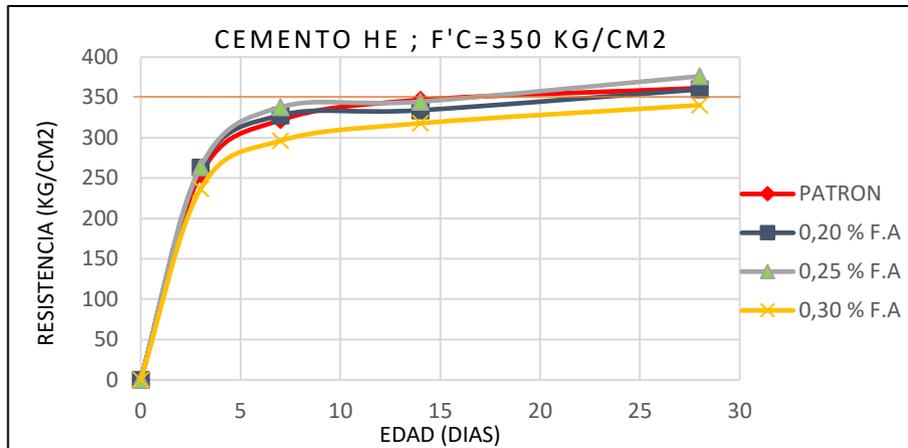
Tabla 13

Resultados de resistencia a la compresión con cemento HE.

% De adición de fibras de aluminio	Resistencia a la compresión (28días)	
	$f'c = \text{Kg/cm}^2$	Eficiencia (%)
0,00% F.A	361.50	103.29%
0,20% F.A	359.91	102.83%
0,25% F.A	376.20	107.49%
0,30% F.A	340.46	97.27%

Figura 11

Esfuerzo - deformación para $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento HE.



3.6.2 Ensayo de Resistencia a la Flexión

Para poder determinar la resistencia a la flexión del hormigón el ensayo se la realiza mediante una probeta prismática (viga) apoyada en los extremos y con cargas en los tercios de la luz libre, de acuerdo con la norma NTE INEN 2554 (2011). Según INECYC (2009) las vigas deben ser ensayadas lo más rápido que se pueda después de haberlas retirada de cámara de curado, de acuerdo con las edades especificadas como se muestra en el Anexo 30.

En la Tabla 14, se indica el porcentaje de adición de fibra de aluminio y la resistencia a la flexión a los 28 días y en la figura 12 se muestra la gráfica de módulo de rotura - % de adición de fibra de aluminio aplicado con el cemento tipo GU (uso general).

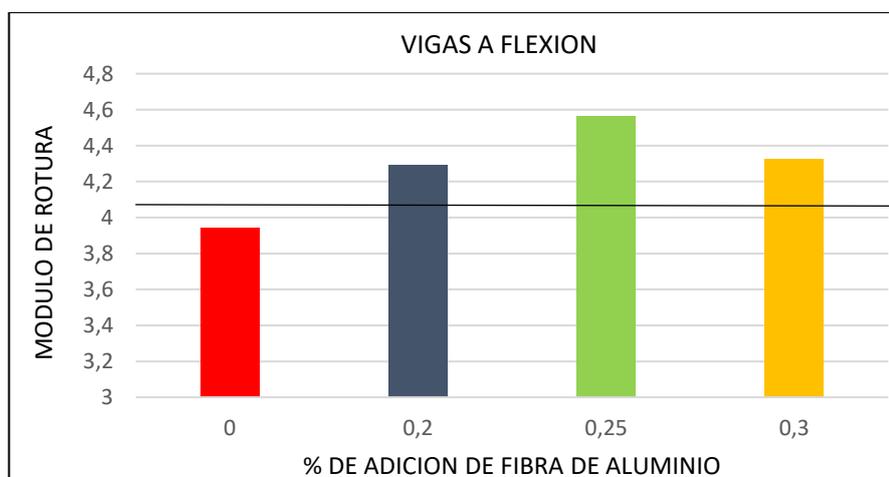
Tabla 14

Resultados de resistencia a la flexión con cemento GU.

% De adición de fibras de aluminio	Resistencia a la flexión (28 días)	
	Mr = MPa	Eficiencia (%)
0,00% F.A	3.94	94.03%
0,20% F.A	4.29	102.39%
0,25% F.A	4.56	108.91%
0,30% F.A	4.33	103.24%

Figura 12

Módulo de rotura - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento GU.



En la Tabla 15, se indica el porcentaje de adición de fibra de aluminio y la resistencia a la flexión a los 28 días y en la figura 13 se muestra la gráfica de módulo de rotura - % de adición de fibra de aluminio aplicado con el cemento tipo HE (alta resistencia temprana).

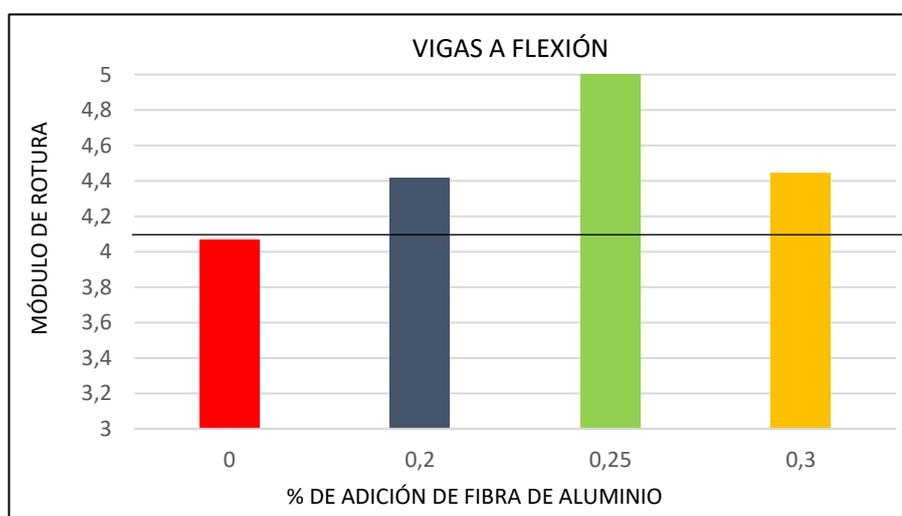
Tabla 15

Resultados de resistencia a la flexión con cemento HE.

% De adición de fibras de aluminio	Resistencia a la flexión (28 días)	
	Mr = MPa	Eficiencia (%)
0,00% F.A	4.07	97.14%
0,20% F.A	4.41	105.36%
0,25% F.A	5.01	119.62%
0,30% F.A	4.44	106.06%

Figura 13

Módulo de rotura - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ con cemento HE.



3.6.3 Ensayo de Esclerometría

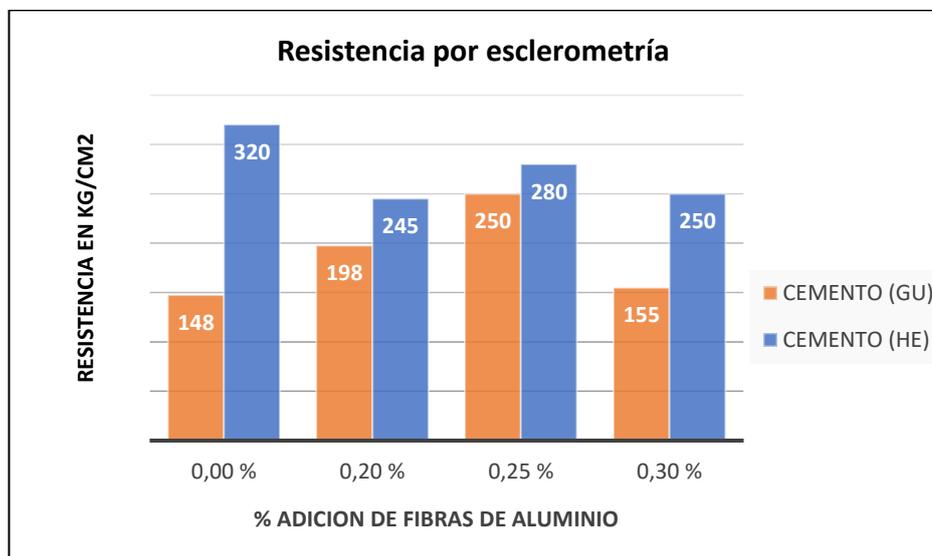
En este método se busca determinar el número de rebote del hormigón, usando un martillo de acero impulsado por resorte como nos indica la norma NTE INEN 3121 (2016), el mismo que nos da como resultado una estimación de la resistencia a la

compresión del hormigón para ello se debe accionar el martillo en la superficie del espécimen de hormigón como se muestra en el Anexo 40.

En la figura 14 se muestra el resultado obtenido de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos comparando el cemento GU y el cemento HE de acuerdo con los porcentajes de adición de fibras de aluminio.

Figura 14

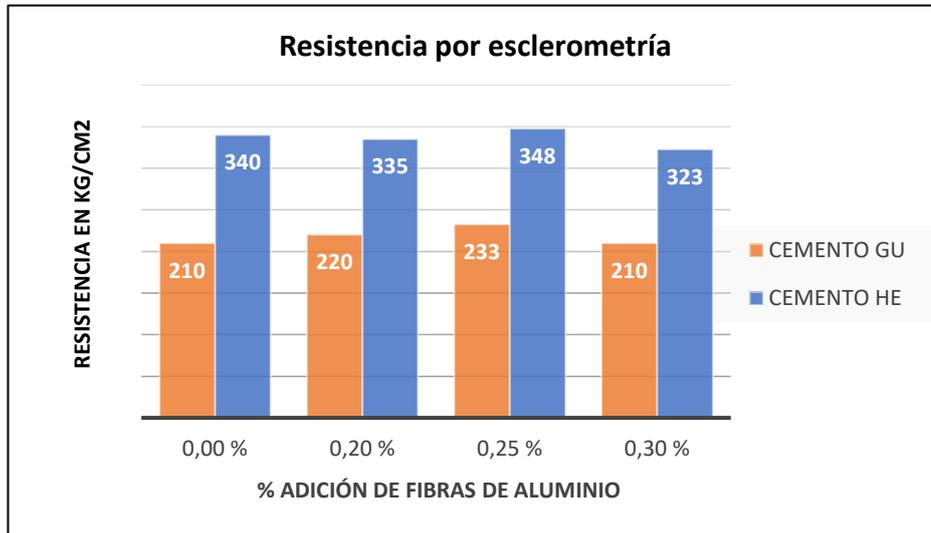
Comparación de Resistencia a la compresión - % de adición de fibra para $f'c=350$ kg/cm² de los especímenes cilíndricos



En la figura 15, se muestra el resultado obtenido de la resistencia a la compresión de los especímenes prismáticos (vigas) comparando el cemento GU y el cemento HE de acuerdo con los porcentajes de adición de fibras de aluminio.

Figura 15

Comparación de Resistencia a la compresión - % de adición de fibra para $f'c=350$ kg/cm² de los especímenes prismáticos.



3.6.4 Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico

La aplicación de este ensayo consiste en determinar la velocidad de propagación de pulsos longitudinales de ondas de esfuerzos a través del hormigón y a su vez nos indica un aproximado de la resistencia a la compresión como nos indica la norma ASTM C597 (2009) y como se evidencia en el Anexo 40.

En la figura 16 se muestran los resultados obtenidos de la velocidad de pulso (en m/s) y en la figura 17 se detalla la resistencia a la compresión (kg/cm²) en los elementos cilíndricos comparando el cemento GU y el cemento HE de acuerdo con los porcentajes de adición de fibras de aluminio.

Figura 16

Comparación de Velocidad de pulso - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ de los especímenes cilíndricos.

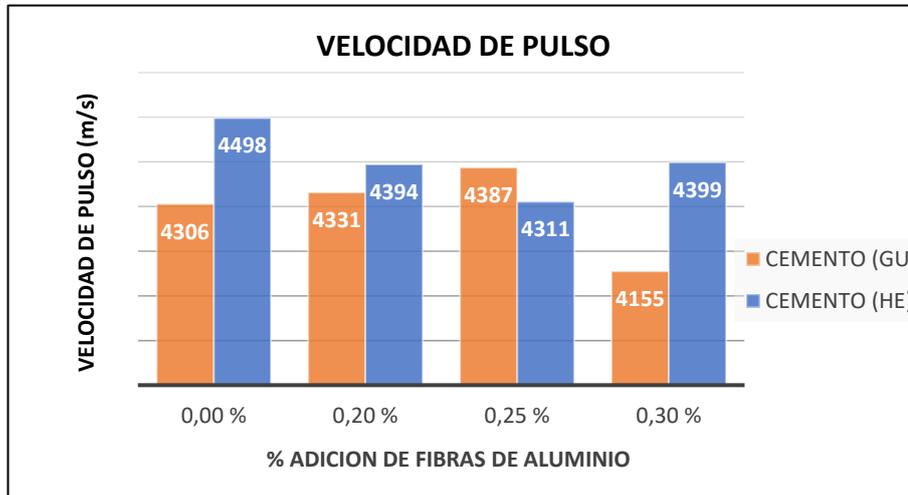
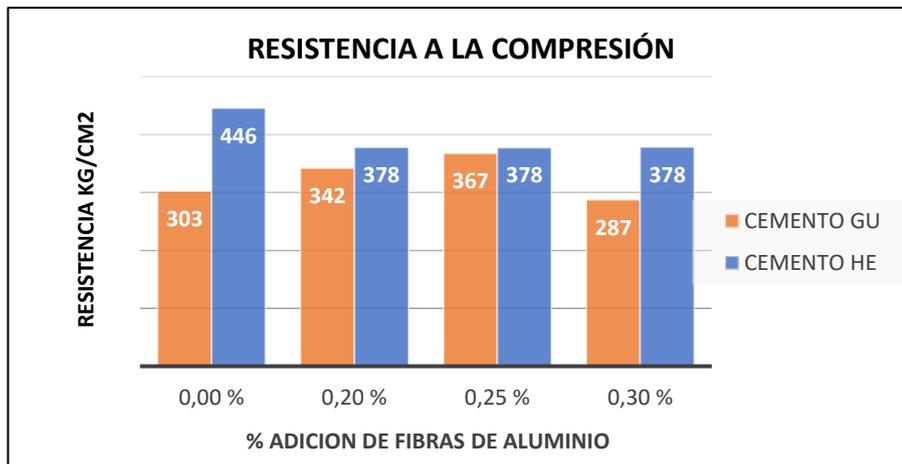


Figura 17

Comparación de Resistencia a la compresión-% de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ de los especímenes cilíndricos.



En la figura 18, se muestran los resultados obtenidos de la velocidad de pulso (en m/s) y en la figura 19 se detalla la resistencia a la compresión (kg/cm^2) en los elementos prismáticos (vigas) comparando el cemento GU y el cemento HE de acuerdo con los porcentajes de adición de fibras de aluminio.

Figura 18

Comparación de Velocidad de pulso - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ de los especímenes prismáticos.

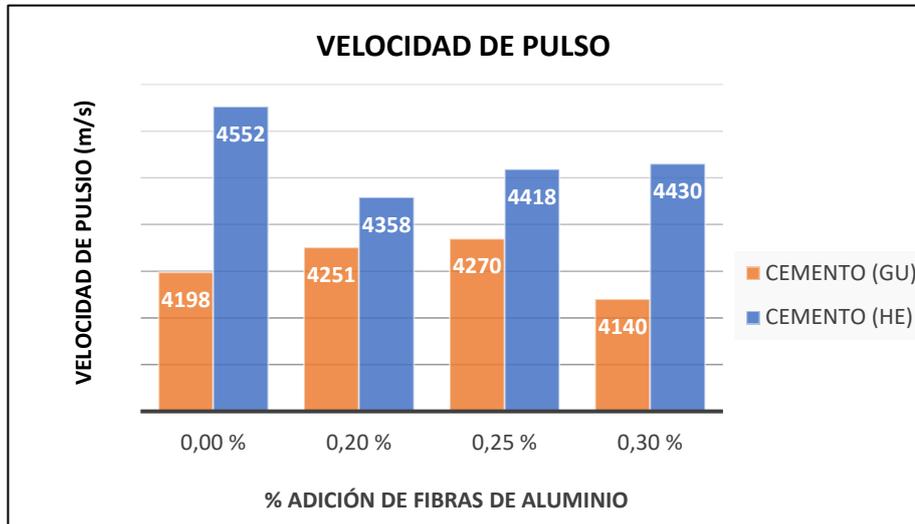
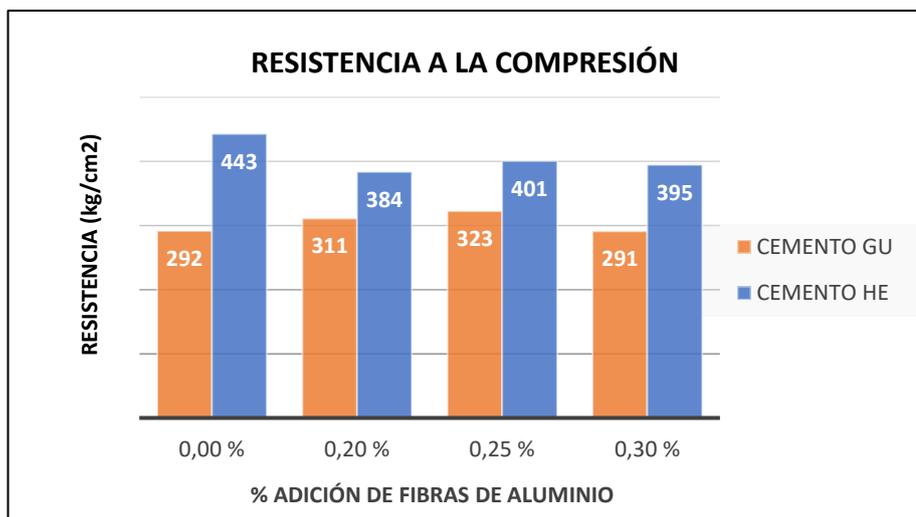


Figura 19

Comparación de Resistencia a la compresión - % de adición de fibra para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ de los especímenes prismáticos.



3.6.5 Ensayo de Módulo de Elasticidad

Este ensayo se realiza mediante norma ASTM C469-02 (2002) con la finalidad de determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson del hormigón a compresión, los resultados fueron obtenidos en el CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM (2021).

En la Tabla 16 se muestran los resultados obtenidos de acuerdo con el diseño de hormigón y al porcentaje de adición de fibras de aluminio la misma que muestra el módulo de elasticidad (E) y la relación Poisson.

Tabla 16

Resultados de Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO	MÓDULO DE ELASTICIDAD	RELACIÓN DE POISSON
0.00% de F.A	25499 MPa	0.27
0.20% de F.A	27536 MPa	0.32
0.25% de F.A	29621 MPa	0.26
0.30% de F.A	26903 MPa	0.31

Nota: Proporcionado por el CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM (2021)

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

En este capítulo se detalla el diseño del pavimento rígido habiendo obtenido los parámetros fundamentales a partir del diseño del hormigón. Asimismo, se describe brevemente cada uno de los factores necesarios para establecer los espesores que conformarán la estructura del pavimento de una vía y se diseñará bajo la metodología AASHTO 93 (1993).

Estas losas están diseñadas en base a un tránsito vehicular elevado con la finalidad de mejorar su rigidez y distribuir sus cargas verticales sobre un área grande, la misma que estarán apoyadas en una capa subrasante o sobre una capa de subbase granular previamente seleccionada, que tendrá funciones estructurales.

4.1 Procedimiento de Diseño Mediante el Método AASHTO 93 (1993)

Para el diseño del pavimento rígido del proyecto se utilizará un hormigón de cemento hidráulico para una resistencia de diseño de 350 kg/cm^2 , el cual está compuesta de una mezcla de agregado, agua y cemento; con una considerable resistencia a la compresión, en vista que la losa de pavimento trabaja más a flexión, es por esa razón que el diseño considera especialmente la resistencia del hormigón trabajando a flexión.

El método AASHTO 93 (1993), dispone que al momento de diseñar un pavimento esta debe cumplir con parámetros óptimos que satisfaga la demanda vehicular de una vía determinada, se debe optar ciertos criterios de resistencias, seguridad y uniformidad, para ello es necesario incluir aspectos prácticos para el diseño de carreteras como:

- El tránsito,
- El nivel de serviciabilidad,
- El nivel de confianza con que se desea calcular,
- Módulo de rotura y elástico,
- Módulo de reacción de la subrasante,
- Calidad de drenaje,
- Coeficiente de transferencia de carga.

4.1.1 Análisis de Tránsito

El análisis del tránsito vehicular de acuerdo con la norma NEVI 12 (2013b), constituye a la demanda directa del sistema estructural que conforma el pavimento y en consecuencia el paso repetido de los vehículos que genera el deterioro de los pavimentos. Su determinación es fundamental y a la vez muy compleja dada la gran distribución de los tipos de vehículos y de las cargas que se presentan en cada uno de sus ejes.

4.1.1.1 Periodo de Diseño. El periodo de diseño detalla el tiempo de vida útil al que estará diseñado el pavimento, a partir de esto se pueden determinar las características esenciales que se utilizará para satisfacer la serviciabilidad y la durabilidad en un periodo estimado de 20 años para un tipo de vía de tránsito elevado como señala la guía AASHTO 93 (1993), el mismo se puede determinar mediante la Tabla 17.

Tabla 17*Periodo de Diseño en función al tipo de carretera*

Tipo de carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10-20

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

4.1.1.2 Selección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). De acuerdo con el aforo vehicular las vías están diseñadas mediante su funcionalidad tal es el caso que la red vial en el país se clasifica mediante la cantidad de vehículos que circulan por una vía determinada como indica la norma NEVI 12 (2013b) en la Tabla 18.

Tabla 18*Clasificación Funcional de las vías en base al TPDA*

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA_d			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA_d) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Nota: Obtenido de la NEVI 12 (2013b)

4.1.1.3 Tasa de Crecimiento. En la presente investigación se detallan los porcentajes de tasa anual de crecimiento vehicular entre los años 2020 al 2030 los mismo serán usados para el cálculo de la proyección del tránsito futuro como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Tasa de crecimiento según el tipo de vehículo.

Tipos de vehículos	2020-2025	2025-2030
Livianos	3.37%	3.06%
Buses	1.80%	1.63%
Camiones livianos	2.02%	1.84%
Camiones pesados	2.02%	1.84%

Nota: Obtenido del Departamento de Factibilidad MTOP (2007)

La tasa de crecimiento estimada de acuerdo con los estudios realizados por la MTOP (2007) para la presente investigación es de 3.37% para vehículos livianos, 1.80% para buses y 2.02% para vehículos pesados.

4.1.1.4 Factor de Crecimiento. El factor de crecimiento (FC) se deduce mediante una tasa de crecimiento anual constante y el periodo de diseño, se calcula mediante la siguiente operación matemática:

$$FC = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Dónde:

r = tasa de crecimiento anual %

n = periodo de diseño en años

4.1.1.5 Factor de Distribución por Carril. El factor de distribución por carril (FDC) según la AASHTO 93 (1993) se la evalúa en función al número de carriles que tiene una vía en sus dos direcciones. Para calles y carreteras de dos carriles, el carril de diseño puede ser cualquiera de los dos, mientras que, para calles y carreteras de carriles múltiples generalmente es el carril externo y se la puede obtener mediante la siguiente tabla.

Tabla 20

Factor de distribución por carril según el número de carriles en una dirección.

Nº carriles en 1 dirección	%ESAL'S en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

4.1.1.6 Factor de Distribución por Dirección. De acuerdo a la guía AASHTO 93 (1993), el factor direccional depende del total del flujo vehicular contabilizado, por lo general el valor recomendado es de 50% debido a que normalmente se distribuyen los vehículos en los dos sentidos. Sin embargo, pueden darse casos de que el flujo vehicular sea más excesivo en una dirección que en otra, y para ello puede determinarse a partir del conteo de tránsito realizado, dicho valor se lo obtiene de la Tabla 21.

Tabla 21

Factor de distribución por dirección según el número de carriles en dos direcciones.

Nº carriles (2 direcciones)	% de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45(35-48)
6 o más	40 (25-48)

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

4.1.1.7 ESAL's de Diseño. Para el cálculo del ESAL's de diseño, se debe tener en cuenta los valores particulares del factor camión en función del factor de carga equivalente obtenidos de cada tipo de vehículo considerado en la demanda de tráfico, además del periodo de diseño considerado de 20 año. El volumen de tránsito del carril de diseño se convierte a un determinado número de ESAL's, que es el parámetro usado en el diseño de la estructura del pavimento.

En la Tabla 22 se muestran el porcentaje de vehículos que circulan en las vías de primer orden de acuerdo con el tipo de vehículo, además en la Tabla 23 se muestra el número de vehículo que transita de acuerdo con el factor de distribución por carril.

Tabla 22*Porcentaje de vehículos que transitan en una vía de primer orden.*

Tipo de vehículo		Porcentaje de vehículos	
Livianos		37.50%	37.50%
Bus		5%	5%
Volquetas y camiones livianos			
C2P	2 EJES	2.5%	2.5%
C2G	2 EJES	2.5%	2.5%
C3	3 EJES	2.5%	2.5%

Nota: Obtenido del Departamento de Factibilidad MTOP (2007)**Tabla 23***Total de vehículos que transitan.*

Tipo de vehículo	Porcentaje de vehículo	Número de vehículo	Factor de distribución por carril	Total, de vehículos
Livianos	37.50%	9750	80	7800.00
	37.50%	9750	80	7800.00
Buses (2ejes)	5%	1300	80	1040.00
	5%	1300	80	1040.00
C2P	2.5%	650	80	520.00
	2.5%	650	80	520.00
C2G	2.5%	650	80	520.00
	2.5%	650	80	520.00
C3	2.5%	650	80	520.00
	2.5%	650	80	520.00

El ESAL's en carril de diseño con el que se trabajara para la formación de la estructura de la carpeta de pavimento es de 28'333.223,04 como se puede observar en el Anexo 70.

4.1.2 Parámetro de Diseño del Hormigón

Para el diseño del pavimento rígido es muy importante conocer los parámetros del hormigón obtenidos en el capítulo 3 de esta investigación, la misma que se realizó mediante la elaboración en base a los dos tipos de cementos hidráulicos tipo GU y HE.

4.1.2.1 Determinación del Módulo Elástico. El módulo de elasticidad según el método AASHTO 93 (1993), indica la tenacidad y rigidez del material, es decir su capacidad elástica, entre las características principales destaca que mientras mayor sea el módulo mayor será su rigidez causando que la capacidad de distribuir cargas en una losa de pavimento sea más eficiente.

El módulo elástico para el cemento hidráulico tipo GU (uso general) se la obtiene de acuerdo con la ecuación matemática tomada del ACI 318-19 (2019)

$$E_c = 57000 \sqrt{f'_c}$$

Dónde:

E_c : Módulo elástico del hormigón en Psi

f'_c = Resistencia a la compresión simple del hormigón en Psi

Para el cálculo del módulo de elasticidad se consideró una resistencia de diseño de $f'_c=350 \text{ Kg/cm}^2 = 4978.2 \text{ Psi}$

Por lo que se obtuvo un módulo elástico de:

$$E_c = 57000 \sqrt{4978.2}$$

$$E_c = 4021694.37 \text{ Psi} = 27728.62 \text{ MPa}$$

Datos que servirá para el diseño del pavimento rígido de un hormigón convencional y un hormigón con una adición de fibra de aluminio de un 0.25% (adición de fibra óptima), previamente obtenido del análisis de resultados del diseño del hormigón detallada en el capítulo 3.

El módulo elástico para el cemento hidráulico tipo HE (Altas resistencias tempranas) es proporcionada por el CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIN mediante con la ecuación matemática tomada de la norma ASTM C469-02 (2002).

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0.000050)}$$

Dónde:

E = módulo de elasticidad secante, MPa (psi)

S_2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última, MPa (psi)

S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésima, en MPa (psi)

ϵ_2 = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2 , en millonésimas, μm (μpulg)

En la siguiente tabla se muestran los resultados del módulo de elasticidad para el diseño patrón y para el diseño óptimo con adición de fibras de aluminio.

Tabla 24

Módulo de elasticidad de acuerdo al porcentaje de adición de fibras.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO	MÓDULO DE ELASTICIDAD
0.00% de F.A	25499 MPa
0.25% de F.A	29621 MPa

4.1.2.2 Determinación del Módulo de Rotura. De acuerdo con el diseño de hormigón previamente analizado se obtuvieron resultados por el método de ensayo de resistencia a la flexión en vigas, en el cual se obtuvo el módulo de rotura del diseño patrón y el diseño de hormigón con adición de fibra de aluminio de 0,25% (óptimo), que sirve para el diseño de pavimento rígido.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de los módulos de rotura de acuerdo con los diseños previamente elaborados con los dos tipos de cementos GU Y HE y el porcentaje óptimo de adición de fibra:

Tabla 25

Módulo de Rotura del diseño.

Resistencia a la Flexión – Módulo de Rotura (Mr)				
% de adición de fibra de aluminio	Cemento GU		Cemento HE	
	Mr = MPa	Mr = Psi	Mr = MPa	Mr = Psi
0.00% de fibra de aluminio	3.94 MPa	571.45	4.07 MPa	590.31
0.25% de fibra de aluminio	4.56 MPa	661.83	5.01 MPa	726.64

4.1.3 Parámetro de Diseño de la Subrasante

4.1.3.1 Determinación del Módulo de Reacción (k) de la Subrasante. A

partir del C.B.R de diseño se puede obtener el parámetro del Módulo de reacción k que se calcula mediante la ecuación propuesta por Westergaard:

$$k = 2.55 + 52.5 \log CBR \quad \text{si } CBR \leq 10$$

$$k = 46 + 9.08 (\log CBR)^{4.34} \quad \text{si } CBR > 10$$

Para nuestro caso:

$$k = 2.55 + 52.5 \log CBR \quad k = 2.55 + 52.5 \log 5$$

$$k = 39.25 \text{ MPa/m}$$

A partir del módulo de reacción de la subrasante calculada anteriormente podemos determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante mediante la siguiente tabla tomada del libro Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras de Higuera Sandoval (2011).

Tabla 26

Efecto de la subbase granular sobre los valores de K

VALORES DE K		VALOR DE K PARA LA SUBBASE							
PARA LA		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
SUBRASANTE									
MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Nota: Obtenido del libro Nociones Sobre Métodos de Diseño de Estructuras de Pavimentos para Carreteras de Higuera Sandoval (2011).

El módulo de reacción compuesto de la subrasante que se obtuvo mediante la interpolación es de 59.02 MPa/m.

4.1.4 Variables de Diseño del Pavimento Según el Método AASHTO 93

4.1.4.1 Nivel de Serviciabilidad. Según el método AASHTO 93 (1993), el nivel de serviciabilidad es una medida para interpretar el comportamiento de la losa de pavimento donde interviene la seguridad, comodidad y las características físicas como grietas o fallas. El nivel de serviciabilidad se la obtiene de acuerdo con dos parámetros: índice de servicio inicial (P_o) y el índice de servicio final (P_t).

El índice de serviciabilidad inicial (P_o) se la obtiene de acuerdo con la calidad de la construcción o rehabilitación del pavimento, por lo tanto, nuestro diseño converge un pavimento rígido con un índice inicial de 4.5.

Tabla 27

Valores de Índice de serviciabilidad inicial P_o

Índice de serviciabilidad Inicial (P_o)	
Pavimentos Rígidos	4.5
Pavimentos Flexibles	2.5

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

El índice de serviciabilidad final (P_t) puede ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una reconstrucción o una rehabilitación eso viene de acuerdo con la clasificación vial para el cual se diseñó el pavimento, por lo que nuestro índice de serviciabilidad final es de 2.5.

Tabla 28

Valores de índice de serviciabilidad final P_t

Índice de serviciabilidad final P_t	
Alto tráfico	2.5
Bajo tráfico	2.0

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

El porcentaje de pérdida de la serviciabilidad de un pavimento rígido se la determina mediante la resta del índice de serviciabilidad inicial (P_o) con el índice de serviciabilidad final (P_t) como se muestra en la fórmula:

$$\text{Pérdida de Serviciabilidad } (\Delta PSI) = P_o - P_t \qquad \Delta PSI = 4.5 - 2.5$$

$$\Delta PSI = 2.0$$

Entonces nuestra pérdida de serviciabilidad (PSI) es de 2.0 para nuestro de diseño de pavimento rígido, de acuerdo con los parámetros obtenidos mediante norma.

4.1.4.2 Confiabilidad (R) y Desviación Estándar Normal (Z_R). La confiabilidad en el proceso de diseño de un pavimento es un parámetro fundamental debido a que es la probabilidad o grado de certeza que tiene la estructura de pavimento, para soportar las diversas alternativas como las condiciones de tráfico y medio ambiente que podrían presentarse durante el periodo de diseño. En otras palabras, es un factor de seguridad con respecto al incremento en una proporción en el tránsito previsto durante la vida de diseño proyectado. Dentro de los parámetros de confiabilidad (R) del método AASHTO 93 (1993) proporciona valores en un rango de 50 a 99.9 para los diferentes tipos de vías como se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29*Valores de Confiabilidad (R) según el tipo de vía*

Clasificación funcional	Confiabilidad sugerida (R%)	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

De acuerdo con el tipo de vía seleccionado se escoge una confiabilidad de 80% que equivale a una desviación estándar normal (Z_R) de -0.841 como se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30*Valores de desviación estándar (Z_R) según el porcentaje de confiabilidad*

CONFIABILIDAD R (%)	(Z_R)	CONFIABILIDAD R (%)	(Z_R)
50	0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.647	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

4.1.4.3 Desviación Estándar Total (So). Este parámetro de acuerdo a la guía AASHTO 93 (1993) nos indica el análisis del número de ejes que puede soportar un pavimento ya sea rígido o flexible como se muestra en la tabla 32, para el diseño del pavimento rígido se escogió una desviación estándar total (S_o) de 0.39 considerando la varianza del tránsito proyectado.

Tabla 31

Valores de desviación estándar total (S_o)

Caso de análisis	Desviación estándar total (S_o)	
	Pavimento flexible	Pavimento rígido
Rango	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Considerando la varianza del tránsito futuro	0.49	0.39
Sin considerar la varianza del tránsito futuro	0.44	0.34

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

4.1.4.4 Coeficiente de Drenaje (Cd). La calidad del drenaje en relación al tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a humedades han sido considerados por el método AASHTO 93 (1993) por medio de un coeficiente de drenaje (Cd) y es tratado considerando el efecto del agua sobre las propiedades de las capas del pavimento y sus consecuencias sobre la capacidad estructural de éste.

Tabla 32*Valores recomendados del coeficiente de drenaje (Cd) para el diseño*

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a humedad cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Aceptable	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

4.1.4.5 Transferencia de Carga. De acuerdo a la guía AASHTO 93 (1993), este parámetro de diseño tiene como objetivo disminuir los esfuerzos y las deformaciones por medio de una transmisión de fuerzas cortantes en la losa de pavimento, para así mejorar su capacidad de carga la misma se denota a través de un coeficiente J y dichos valores se pueden obtener de la Tabla 33.

Tabla 33*Coeficiente de transferencia de carga recomendado para varios tipos de pavimentos*

Millones de ejes equivalentes	Coeficientes de transferencia de carga						Tipo de Pavimento
	Con pasajuntas y reforzada con malla		Junta sin pasajuntas (fricción entre agregado)		Con refuerzo continuo		
	No	Si	No	Si	No	Si	
Hasta 0.3	3.2	2.7	3.2	2.8	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 - 1	3.2	2.7	3.4	3.0	-	-	
1 - 3	3.2	2.7	3.6	3.1	-	-	
3 -10	3.2	2.7	3.8	3.2	2.9	2.5	Caminos principales y autopistas
10 - 30	3.2	2.7	4.1	3.4	3.0	2.6	
Más de 30	3.2	2.7	4.3	3.6	3.1	2.6	

Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

Para nuestro diseño se optó un valor de J de 3.2 la cual nos indica un hormigón simple con pasajuntas.

4.1.4.6 Pérdida de Soporte (Ls). Es un factor que se utiliza en el diseño de pavimento rígido con la finalidad de considerarla perdida potencial de soporte procedente de la erosión de la subbase, así como también en términos de los movimientos verticales del suelo que pueden resultar de vacíos bajo el pavimento, cuyo valor se lo determina mediante la Tabla 34 obtenida de la guía AASHTO 93 (1993) detallada a continuación.

Tabla 34

Valores de pérdida de soporte (Ls)

Tipo de material	Pérdida de soporte
Base granular tratada con cemento (E = 1,000,000 a 2,000,000 psi)	0.0 – 1.0
Mezclas de agregado con cemento (E = 500,000 a 1,000,000 psi)	0.0 – 1.0
Bases tratada con asfalto (E = 350,000 a 1,000,000 psi)	0.0 – 1.0
Mezclas bituminosa estabilizadas (E = 40,000 a 300,000 psi)	0.0 – 1.0
Estabilizados con cal (E = 20,000 a 70,000 psi)	1.0 – 3.0
Materiales granulares sin ligante (E = 15,000 a 45,000 psi)	1.0 – 3.0
Materiales granulares finos o subrasante natural (E = 3,000 a 40,000 psi)	2.0 – 3.0

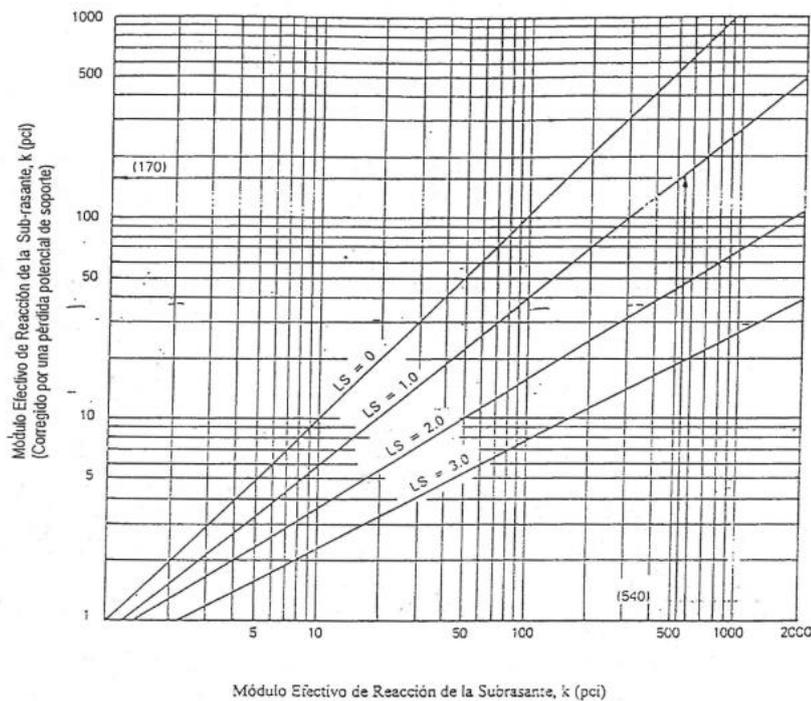
Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

Para el diseño de pavimento rígido se optó un valor de 2.0 de perdida de soporte debido a que se escogió un material granular para la subbase. Una vez seleccionado el valor

de pérdida de soporte se procede corregir el valor del módulo de reacción de la subrasante para dicho valor mediante el ábaco mostrado en la Figura 20.

Figura 20

Corrección del módulo de reacción efectivo de la subrasante para pérdida potencial de soporte de la subbase



Nota: Obtenido de la guía AASHTO 93 (1993)

4.1.4.7 Cálculo de Acero de Refuerzo en Juntas.

Las barras de pasajuntas para transferencia de carga son colocadas en la sección transversal del pavimento, cuya finalidad es transmitir las cargas y mejorar la deformaciones en las mismas. Las dovelas deben cumplir con mínimas especificaciones técnicas, en cuanto a su diámetro, longitud y separación las mismas se obtendrán mediante la siguiente tabla obtenida por el manual de diseño de pavimento de concreto del INVIAS (2008).

Tabla 35*Recomendaciones para el uso de pasadores de carga*

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud total	Separación entre centros
(mm)	(mm)	(Pulg.)	(mm)	(mm)
0 – 100	13	1/2	250	300
110 – 130	16	5/8	300	300
140 – 150	19	3/4	350	300
160 – 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 – 250	32	1 1/4	450	300
260 – 280	35	1 3/8	450	300
290 – 300	38	1 1/2	500	300

Nota: Obtenido del manual de diseño de pavimento de concreto del INVIAS (2008)

En cambio para las barras de las juntas longitudinales se emplean para controlar las grietas y fisuras que se pueden provocar en la losa de pavimento cuando se diseña para anchos superiores a 5 m o cuando la vía es de dos o más carriles, para ello la siguiente tabla proporcionada por el manual de diseño de pavimento de concreto del INVIAS (2008) destaca las especificaciones de la barra a utilizar según el espesor de la losa de pavimento.

Tabla 36*Recomendación para las barras de anclaje*

Espesor de la losa (mm)	Barras de Ø 9,5 mm (3/8")			Barras de Ø 12,5 mm (1/2")			Barras de Ø 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)				
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de $f_y = 187,5$ MPa (40.000 psi)												
150		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200	0,45	0,60	0,55	0,50	0,60	1,05	1,00	0,90	0,70	1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y = 280$ MPa (60.000 psi)												
150		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200	0,65	0,90	0,80	0,75	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,70	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Nota: Obtenido del manual de diseño de pavimento de concreto del INVIAS (2008)

4.2 Ecuación AASHTO 93 para el Cálculo de Espesor de Losa

La ecuación AASHTO mostrada a continuación permite estimar un espesor de losa de concreto para las condiciones de serviciabilidad, drenaje, subrasante y propiedades del hormigón que se ha diseñado para la conformación de la capa de rodadura, para un número de ESAL's determinado, el mismo que luego será comparado con el número de ESAL's de diseño para validar el espesor estimado originalmente.

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \lg(D + 1) - 0.06 + \frac{\lg \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}}{1 + \frac{1.625 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) * \lg \frac{M_r C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / K)^{0.25}})}$$

Dónde:

W_{18} = Tránsito estimado para el periodo de vida útil en ejes equivalentes de 18 kips (80KN) “ESAL’s”

Z_R = Factor de Desviación Normal para el nivel de Confiabilidad R

S_o = Desvió Estándar de todas las variables

D = Espesor de losa en pulgadas

ΔPSI = Pérdida de Serviciabilidad prevista en el diseño

P_t = Serviciabilidad Final

M_r = Módulo de Rotura del hormigón (psi)

J = Coeficiente de Transferencia de Cargas

C_d = Coeficiente de Drenaje

E_c = Módulo de elasticidad del hormigón (psi)

K = Módulo efectivo de reacción de la subrasante (psi/pulg)

El próximo capítulo del presente trabajo de titulación proporciona el diseño final de un pavimento rígido convencional y de la misma manera un diseño con la nueva propuesta basada a partir de ensayos realizados al hormigón reforzado con fibras de aluminio, el mismo que nos otorga mejoras en sus propiedades y que a su vez nos proporcionara una reducción de la losa de pavimento implementando esta nueva técnica.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

El presente capítulo se detalla el estudio y la aplicación de un diseño de pavimento rígido, en base a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio que han servido de base para obtener los parámetros de diseño respecto a la metodología de la normativa AASHTO 93 (1993). Se elige este método, ya que, a diferencia de otros métodos, éste introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.

A continuación, se presentan el resumen de resultados de los parámetros necesarios para el diseño de pavimentos rígidos, que nos permitirá determinar una estimación de espesor de la losa de hormigón.

5.1 Espesor de Losa de Pavimento (Cemento GU)

5.1.1 Diseño de Pavimento Rígido con Dosificación Patrón.

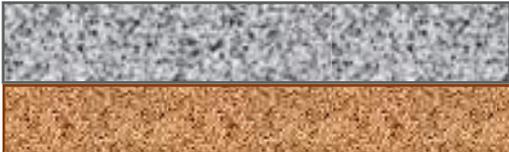
De acuerdo con los datos obtenidos para el diseño del pavimento se debe tener en cuenta la dosificación óptima de adición de fibra de aluminio y el tipo de cemento que se empleó para nuestro diseño. Para el diseño del pavimento patrón con un tipo de cemento “GU” (uso general) se utilizaron los siguientes datos:

Tabla 37*Datos para el diseño del pavimento rígido sin adición de fibra con cemento GU*

METODO AASTHO 1993			
Ejes Acumulados (8.2 Ton)	2,83E+07	Coefficiente de Drenaje (Cd)	1.0
Confiabilidad (R%)	80	Índice de Servicio final (Pt)	2.5
Desviación Estándar (Z _R)	-0.841	Índice de Servicio inicial (Po)	4.5
Error Estándar combinado (S _o)	0.39	Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI)	2.0
Coefficiente de transmisión de carga (J)	3.2	Módulo de Reacción (K)	25.80
Módulo de Rotura en PSI (Mr)	571.45	Módulo de elasticidad en PSI (Ec)	4021694.37
Pérdida de soporte (Ls)	2.00		

A partir de los datos obtenidos previamente se procedió a obtener el espesor de la losa de pavimento rígido mediante la fórmula que nos indica el método AASHTO 93 (1993), para el diseño patrón se obtiene un espesor de subbase de 25cm (9.84 in) y un espesor de losa de hormigón de 32 cm (12.60 in).

Tabla 38*Resultados de espesores de losa del diseño patrón con cemento GU.*

Estructura final del pavimento		Espesor	
Hormigón	12.60 in	32 cm	
Subbase	9.84 in	25 cm	

5.1.2 Diseño de pavimento rígido con una adición de 0.25% de Fibra de

Aluminio

De acuerdo con el tipo de cemento utilizado y con la adición de fibra óptima obtenida que es de 0,25% de fibra de aluminio que se le añade a la mezcla y los datos previamente obtenidos de acuerdo con el método AASHTO 93 tenemos nuestros datos para diseño de losa de pavimento que son:

Tabla 39

Datos para el Diseño del Pavimento Rígido con una adición de 0.25% de fibra con cemento GU

METODO AASTHO 1993			
Ejes Acumulados (8.2 Ton)	2,83E+07	Coefficiente de Drenaje (Cd)	1.0
Confiabilidad (R%)	80	Índice de Servicio final (Pt)	2.5
Desviación Estándar (Z _R)	-0.841	Índice de Servicio inicial (Po)	4.5
Error Estándar combinado (S _o)	0.39	Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI)	2.0
Coefficiente de transmisión de carga (J)	3.2	Módulo de Reacción (K)	25.80
Módulo de Rotura en PSI (Mr)	661.37	Módulo de elasticidad en PSI (Ec)	4021694.37
Pérdida de soporte (Ls)	2.00		

Como resultado se obtuvo una losa de pavimento de 30 cm (11.81 in) con una subbase de apoyo de 25cm (9.84 in) como se muestra a continuación.

Tabla 40

Resultados de espesores de losa con adición de fibra de aluminio con cemento GU

Estructura final del pavimento		Espesor	
Hormigón	11.81 in	30 cm	
Subbase	9.84 in	25 cm	

5.2 Espesor de Losa de Pavimento (cemento HE)

5.2.1 Diseño de Pavimento Rígido sin Adición de Fibra de Aluminio

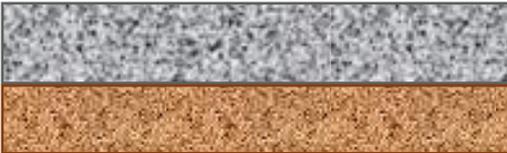
Previamente obtenido los datos para el diseño de un pavimento rígido y la dosificación con un diseño patrón y un diseño con adición de fibra de aluminio óptima para elevar sus resistencias, se procedió a emplear la fórmula que emplea el método AASHTO 93 para poder calcular el espesor recomendado. Para el diseño patrón empleando cemento “HE” (altas resistencias tempranas) se utilizaron los siguientes datos:

Tabla 41*Datos para el diseño del pavimento rígido sin adición de fibra con cemento HE*

METODO AASTHO 1993			
Ejes Acumulados (8.2 Ton)	2,83E+07	Coeficiente de Drenaje (Cd)	1.0
Confiabilidad (R%)	80	Índice de Servicio final (Pt)	2.5
Desviación Estándar (Z _R)	-0.841	Índice de Servicio inicial (Po)	4.5
Error Estándar combinado (S _o)	0.39	Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI)	2.0
Coefficiente de transmisión de carga (J)	3.2	Módulo de Reacción (K)	25.80
Módulo de Rotura en PSI (Mr)	590.30	Módulo de elasticidad en PSI (Ec)	3860009.17
Pérdida de soporte (Ls)	2.00		

Por lo tanto, se obtuvo como resultado un espesor de losa de hormigón para pavimento rígido de 32cm (12.60 in) con una capa de apoyo subbase de 25cm (9.84 in), como se muestra a continuación:

Tabla 42*Resultados de espesores de losa del diseño patrón con cemento HE*

Estructura final del pavimento		Espesor	
Hormigón	12.60 in	32 cm	
Subbase	9.84 in	25 cm	

5.2.2 Diseño de Pavimento Rígido con una Adición de 0.25% de Fibra de

Aluminio

Para el diseño de Losa de pavimento empleando cemento HE y una adición de fibra del 0.25% que se acondicionó a la mezcla de hormigón, obtenemos los siguientes parámetros.

Tabla 43

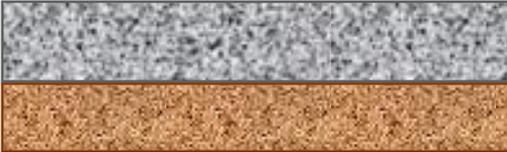
Datos para el diseño del pavimento rígido con una adición de 0.25% de fibra con cemento HE

METODO AASTHO 1993			
Ejes Acumulados (8.2 Ton)	2,83E+07	Coefficiente de Drenaje (Cd)	1.0
Confiabilidad (R%)	80	Índice de Servicio final (Pt)	2.5
Desviación Estándar (Z_R)	-0.841	Índice de Servicio inicial (Po)	4.5
Error Estándar combinado (S_o)	0.39	Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI)	2.0
Coefficiente de transmisión de carga (J)	3.2	Módulo de Reacción (K)	25.80
Módulo de Rotura en PSI (M_r)	726.64	Módulo de elasticidad en PSI (E_c)	4158932.48

Entonces se emplea la fórmula que nos indica el método AASHTO 93 para obtener una losa de hormigón para pavimento que cubra con todo lo especificado anteriormente, por tanto nuestro espesor de losa obtenida es de 29 cm (11.42 in) y con una capa de apoyo de subbase de 25cm (9.84 in).

Tabla 44*Resultados de espesores de losa con adición de fibra de aluminio con cemento HE*

Estructura final del pavimento		Espesor
Hormigón	11.42 in	29 cm
Subbase	9.84 in	25 cm


5.3 Estimación de las barras para las juntas en el pavimento rígido

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a los espesores de las losas de hormigón se procede a calcular el acero en juntas. Para su estimación y dado que los espesores son similares tanto para los dos tipos de cementos utilizados se obtiene el siguiente diámetro de acero de refuerzo en junta transversal y longitudinal del pavimento rígido para los cuatros espesores de losas antes calculado.

Especificaciones técnicas de los pasadores para las juntas transversales de todo el proyecto con espesores de losas de hormigón de 29, 30, 32 cm; siendo los pasadores de acero liso redondo $f_y = 60.000$ psi.

Tabla 45*Cálculo de acero de refuerzo en juntas transversales*

JUNTAS TRANSVERSALES	
VARILLAS	38 mm
LONGITUD	50 cm
SEPARADOS ENTRE CENTROS	30 cm

Especificaciones técnicas de los anclajes corrugados para las juntas longitudinales de todo el proyecto de acuerdo a los espesores de losas de hormigón.

Tabla 46*Cálculo de acero de refuerzo en juntas longitudinales*

JUNTAS LONGITUDINALES	
VARILLA	12.7 mm
LONGITUD	850 mm
SEPARADOS ENTRE CENTROS	120 cm

5.4 Análisis de Precios Unitarios para Cada uno de los Cementos Utilizados sin adición de fibra de aluminio y con adición de fibra de aluminio

Para poder determinar el análisis de precios unitarios se debe tener en cuenta los materiales, la mano de obra y equipo, en este caso se detalla el precio del hormigón premezclado de cemento GU y cemento HE sin adición de fibra de aluminio y con adición de fibra de aluminio.

En el siguiente cuadro se muestra los resultados de precios del hormigón premezclado sin fibra fueron proporcionado por el CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM (2021), y con la adición de fibra respectiva.

Tabla 47*Resultados de Análisis de costo unitario del hormigón.*

ANALISIS DE COSTO POR 1m³ DE HORMIGON				
Hormigón Premezclado	Sin Fibra		Con Fibra	
	Cemento GU	Cemento He	Cemento GU	Cemento He
350 kg/cm ²	\$ 137.00	\$ 107.00	\$ 151.72	\$ 121.71
400 kg/cm ²	\$ 145.00	\$ 114.00	---	---
450 kg/cm ²	\$ 160.00	\$ 124.00	---	---

Además, se detalla el análisis de precio unitario de un pavimento rígido convencional y con la adición de fibra de aluminio óptima con todos los resultados previamente obtenidos, tomando en cuenta la unidad en metros cúbicos (m³).

Tabla 48

Resultados de Análisis de costo unitario del Pavimento Rígido.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
RUBRO:	Losa de hormigón; Pav. rígido Mr:4,11Mpa		
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario
Cemento GU			
Pav. Rígido + 0,00% de Fibra de Al.	m3	1	\$ 220,33
Pav. Rígido + 0,25% de Fibra de Al.	m3	1	\$ 238,71
Cemento HE			
Pav. Rígido + 0,00% de Fibra de Al.	m3	1	\$ 182,83
Pav. Rígido + 0,25% de Fibra de Al.	m3	1	\$ 201,21

En el análisis del precio de acero de juntas transversales y longitudinales se la obtiene de acuerdo a los espesores de losas obtenidos, dándonos como resultado el siguiente Tabla.

Tabla 49

Resultado de análisis de costo unitario de acero en juntas

Precio Unitario	
Unidad (kg)	
Rubro	P. unitario
Barras de Acero para juntas	93,37
Acero de Refuerzo D=38mm	
Acero de Refuerzo D=12,7mm	

CONCLUSIONES

Después de haber realizado los ensayos de resistencia a la compresión y a flexión con los dos tipos de cemento podemos concluir que con el cemento GU se obtuvo resistencia a la compresión ($f'c$) de 335.42 kg/cm^2 y módulo de rotura (Mr) de 3.49 Mpa mientras que con la adición de fibra de aluminio se obtiene un $f'c$ de 347.69 kg/cm^2 y un Mr de 4.51 Mpa . En cambio, para las probetas del diseño patrón realizadas con el cemento HE alcanzó un $f'c$ de 361.50 kg/cm^2 con un Mr de 4.07 MPa y con la adición de fibra se obtuvo un $f'c$ de 376.20 kg/cm^2 con un Mr de 5.01 MPa . Es decir que con el cemento GU para una dosificación patrón y una dosificación con una adición de fibra de aluminio de 0.25% (óptima) la resistencia a la compresión se incrementó un 5.31% y la resistencia a flexión un 14.88% , obteniendo mejores resultados con el cemento HE donde se obtiene un incremento de 4.20% en resistencia a la compresión y un 22.48% en resistencia a flexión.

A partir de los resultados obtenidos de las resistencia a compresión y flexión detallados en el análisis de resultados utilizando los dos tipos de cemento GU y HE se concluye que la correlación módulo de rotura – resistencia a la compresión ($Mr/f'c$) que nos indica la INECYC es verificada en nuestro análisis, ya que para los dos diseños patrón sin adición de fibra se obtienen una correlación de 0.11 mientras que con adición de fibra de aluminio se obtiene una correlación de 0.13 para ambos tipos de cementos.

Del diseño del pavimento rígido usando cemento GU se obtiene que el espesor de la losa se reduce 2 cm utilizando el 0.25% de adición de fibra de aluminio (óptima) en comparación con el diseño sin adición de fibra, mientras que utilizando cemento HE se reduce 3 cm de su espesor con la adición de fibra de aluminio óptima,

considerando una capa de apoyo de subbase de 25cm, un tráfico pesado o vía de primer orden y una resistencia de diseño del hormigón de 350 kg/cm².

En el análisis de precios unitarios se puede concluir que para alcanzar un módulo de rotura de 4,51 MPa utilizando cemento GU se necesita un hormigón convencional de 400 kg/cm² con un costo de \$145.00, en cambio con un diseño de hormigón de 350kg/cm² adicionando fibra de aluminio podemos alcanzar el mismo módulo de rotura con un costo de \$151.72 y con el cemento HE para poder alcanzar un módulo de rotura de 5.01 se necesita un hormigón convencional de 450kg/cm² con un costo de \$124.00, mientras que con un diseño de 350kg/cm² adicionando fibra de aluminio al 0.25% de su mezcla se logra alcanzar el mismo módulo de rotura con un costo de \$121.71.

RECOMENDACIONES

A pesar de que el incremento del módulo de rotura es notable usando el cemento GU sin adición de fibra de aluminio, pero si se desea obtener un mayor comportamiento en resistencias mecánica a edades tempranas es favorable el uso del cemento tipo HE adicionando el 0.25% de fibra de aluminio, puesto que a diferencia del cemento GU este incrementa un 11% en su módulo de rotura haciendo que la losa de pavimento tenga una mayor resistencia frente a cargas vehiculares y a su vez prolongar la vida útil de la misma.

En base a los resultados obtenidos del diseño de la losa del pavimento con adición de fibra de aluminio usando los dos tipos de cemento, es notable la reducción de espesor usando el cemento de uso general, sin embargo, si se desea reducir aún más el espesor de la losa de hormigón del pavimento es recomendable el uso del cemento tipo HE (altas resistencias tempranas) debido a que con este componente es mucho más evidente la reducción de espesor a diferencia de la losa convencional sin fibra.

De acuerdo al análisis de precios respecto al diseño del pavimento rígido teniendo en cuenta los costos de hormigón y cumpliendo con los requisitos de elaboración se recomienda utilizar en la losa de pavimento un hormigón con cemento HE ya que disminuye su costo comparando con el hormigón con cemento GU que se incrementa en su costo.

REFERENCIAS

- AASHTO 93. (1993). Guide for Designo of Pavement Structure. . *American Association of State and Transportation Highway Officials*
- ACI554.1R-96. (2002). Report on fiber reinforced concrete. *American concrete Institute*. <http://indiafiber.com/Files/ACI%20report.pdf>
- ACI 211.1-91. (2002). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. *American Concrete Institute*.
- ACI 318-19. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete. *American Concrete Institute*.
- ACI 360R-06. (2006). Design of Slabs-on-Ground. *American Concrete Institute*.
- Alvarez, J. I., Martín, A., & García Casado, P. (1995). Historia de los morteros. *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Historico*, 13, 52-59.
- American Concrete Pavement Association. (1992). Design and Construction of Joints for Concrete Streets. https://www.acpa.org/wpfd_file/design-and-construction-of-joints-for-concrete-streets/
- Argos. (2020). 360 EN CONCRETO. *LO QUE DEBES SABER SOBRE MICROFIBRAS Y MACROFIBRAS PARA INFRAESTRUCTURA*. <https://www.360enconcreto.com>
- ASTM C150-07. (2007). Standard Specification for Portland Cement. *American Society of Testing Materials*. www.astm.org
- ASTM C469-02. (2002). Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. *American Society of Testing Materials*. www.astm.org

ASTM C597. (2009). Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. *American Society of Testing Materials*.

Barros, J. A. (2000). *Betão reforçado com fibras de aço: conceitos fundamentais*.

Bernaola Chuquillanqui, R. J. (2014). Evaluación y determinación del índice de condición del pavimento rígido en la Av. Huancavelica, Distrito Chilca, Huancayo.

Burgos Vasquez, B. (2014). Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r: Santa Elvira–El Arenal, en la comuna de Valdivia. *Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile*.

Caballero, K. E., & Karen, E. (2017). Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. *Revista Prisma Tecnológico-Universidad Tecnológica de Panamá-Facultad de Ingeniería Civil*, 18-23.

Camargo Rodríguez, L. F. (2013). *INCIDENCIA Y ESPECIFICACIONES DEL HORMIGÓN CON FIBRAS EN LAS DIFERENTES PARTES DEL PROYECTO EN ESPAÑA Y BOLIVIA* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID].

Cando Lara, L. F. (2016). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado* Quito: UCE].

CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM. (2021). *DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESIÓN. ASTM C 469*.

Chapoñan Cueva, J. M., & Quispe Cirilo, J. (2017). Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el AAHH Villa María-Nuevo Chimbote.

Construcciones Civiles & Aplicaciones. (2021). FICHA TÉCNICA FIBRA METÁLICA 80/50 DRAMIX.

Coronado Iturbide, J. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Delgado Delgado, C. F. (2017). *Fibras metálicas como componente dentro de materiales aplicados en espacios interiores* Universidad del Azuay].

Escalante Reyes, K. M., & Avila Mendoza, V. M. (2015). *Evaluación del hormigón de cemento portland empleando agregado grueso proveniente de la cantera San Vicente de Colonche La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.*].

Fernández Cánovas, M. (s.f.). HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO.

Guamán Ordoñez, C. J., & Pinenla López, J. V. (2019). *Análisis de las propiedades Físico-Mecánicas de un hormigón elaborado con fibras recicladas de envases PET, con y sin aditivo plastificante* Quito: UCE].

Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Fondo editorial PUCP.

Higuera Sandoval, C. (2011). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras* (Vol. Volumen II). Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Holcim. (2015a). *HOLCIM FUERTE. Cemento Holcim tipo GU-Soluciones Holcim* <https://solucionesholcim.com/holcim-fuerte/>

Holcim. (2015b). *HOLCIM PREMIUM. Cemento Holcim tipo HE-Soluciones Holcim.* <https://solucionesholcim.com/holcim-premium/>

- INECYC. (2009). NORMAS TECNICAS. CONTROL DE CALIDAD EN EL HORMIGÓN. CONTROL POR RESISTENCIA. *Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto*. <https://www.inecyc.org.ec/notas-tecnicas/>
- INVIAS. (2008). Manual de diseño de pavimentos rígidos en vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. *Instituto Colombiano de Productores de Cemento*.
- Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., & Bringas, M. S. (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Lindao Cedeño, K. P., & Romero Ortega, A. C. (2018). *Incidencia de las fibras de polipropileno y fibras metálicas en un Hormigón para Pavimento rígido $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$* Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas ...].
- Matallana Rodríguez, R., & Cemento, I. C. d. P. d. (2006). *Fundamentos de concreto aplicados a la construcción*. ICPC (Instituto Colombiano de Productores del Cemento).
- Mendoza Vargas, J. I., Vásquez, A., & Villa Archila, M. R. (2012). *Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimento rígido reforzado con fibras metálicas y sintéticas* Universidad Militar Nueva Granada].
- Millán Castillo, M. F. (2013). *Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*
- Miranda Rebolledo, R. J. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. *Universidad Austral de Chile*.
- Monsalve Escobar, L. M., Giraldo Vasquez, L. C., & Maya Gaviria, J. (2012). Diseño de pavimento flexible y rígido. *Armenia: Universidad del Quindío*.

- Montalvo Guevara, M. E. (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales* Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6117>
- Montejo Fonseca, A. (1998). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*.
- Morales Olivares, J. (2004). *Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo*. Universidad de Piura.]. . <https://hdl.handle.net/11042/1343>
- MTOP. (2007). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. <https://www.obraspublicas.gob.ec/>
- Navas Carro, A., & Rojas Juárez, J. L. (2010). Comportamiento de losas apoyadas en suelo utilizando concreto reforzado con fibras metálicas. *Revista Ingeniería*, 20(1-2), 67-80.
- NEVI 12. (2013a). ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES [Manual]. *Norma Ecuatoriana Vial, Volumen 3*, 1028. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf
- NEVI 12. (2013b). NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑOS VIALES. *Norma Ecuatoriana Vial, Volumen 2A*. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- NTE INEN 695. (2010). ÁRIDOS. MUESTREO. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_695-1.pdf

NTE INEN 696. (2011). ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>

NTE INEN 856. (2010). ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDDA ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.

https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_856.pdf

NTE INEN 857. (2010). ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.

https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_857.pdf

NTE INEN 858. (2010). ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/858.pdf>

NTE INEN 872. (2011). ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>

NTE INEN 1573. (2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1573.pdf>

NTE INEN 1576. (2011). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA

ENSAYO. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1576.pdf>

NTE INEN 1763. (2010). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. MUESTREO. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1763.pdf>

NTE INEN 2380. (2011). CEMENTO HIDRÁULICO. REQUISITOS DE DESEMPEÑO PARA CEMENTOS HIDRÁULICOS. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2380.pdf>

NTE INEN 2528. (2010). CÁMARAS DE CURADO, GABINETES HÚMEDOS, TANQUES PARA ALMACENAMIENTO EN AGUA Y CUARTOS PARA ELABORAR MEZCLAS, UTILIZADOS EN ENSAYOS DE CEMENTO HIDRÁULICOS Y HORMIGÓN. REQUISITOS. . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2528.pdf>

NTE INEN 2554. (2011). HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN. (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS). . *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2554.pdf>

NTE INEN 3121. (2016). HORMIGÓN ENDURECIDO. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTE. MÉTODO DE ENSAYO. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3121.pdf

NTE INEN 3124. (2017). HORMIGÓN. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO EN EL LABORATORIO. *INSTITUTO*

Páez Sánchez, C. A. (2018). *Propiedades del hormigón hidráulico y diseño de mezclas*.

http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdlbmlcmllhX2NpdmlsL3RIY25vbG9naWFfZGVsX2NvbmNyZXRvX3lfbGFib3JhdG9yaW8vdW5pZGFkXzIv

Parrales Clavijo, J. M. (2020). *Análisis comparativo de las formulaciones existentes para evaluar la resistencia a cortante de hormigón con fibras* [Universitat Politècnica de Catalunya].

Robalino Cabrera, D. D., & López Chipre, C. B. (2018). *Determinación de cantidad óptima de fibra de acero para la elaboración de hormigón de cemento Portland de MR= 4, 5 MPA, para losas de pavimentos rígidos* [Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas ...].

Rodríguez Giler, C. S. (2016). *Análisis Comparativo De Un Hormigón Para La Capa De Rodadura Con Fibras De Acero Y Sin Ellas Para Utilización En Pavimentos Rígidos* [Universidad de Guayaquil: Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas ...].

Rodriguez Zevallos De Videira, D. H. (2018). *Determinación y evaluación de las patologías del mortero para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie del pavimento rígido del jirón fanning, distrito de Iquitos, provincia Maynas, región Loreto-marzo 2017*.

Sika. (2014). *CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS*. Sika Colombia S.A.S.

Sotil Levy, A. J., & Zegarra Riveros, J. E. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de*

acero Wirand® FF3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. <https://docplayer.es/28320069-Universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas-facultad-de-ingenieria-carrera-de-ingenieria-civil.html>

Tipantasig, S., & Gabriel, L. (2014). *Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua* Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica ...].

Tipos de hormigón y sus propiedades (2007). https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod_resource/content/1/Hormigon_02_Tipos_y_propiedades.pdf

Vidaud, I., Frómeta, Z., & Vidaud, E. (2015a, Julio). Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (parte I). *Construcción y tecnología en concreto*. <http://imcyc.com/revistacyt/pdf/julio2015/tecnologia.pdf>

Vidaud, I., Frómeta, Z., & Vidaud, E. (2015b, Agosto). Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (parte II). *Construcción y tecnología en concreto*. <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/agosto2015/tecnologia.pdf>

Zagaceta Gutierrez, I., & Romero Ordoñez, R. (2008). *EL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PREMEZCLADO EN LA MODERNIZACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA AVENIDA ARBOLEDAS* Instituto Politécnico Nacional]. México.

ANEXOS

Anexo 1. Características de los agregados

Granulometría del Agregado grueso



Granulometría del agregado fino





Determinación de pesos volumétricos sueltos y varillado



Densidad saturada superficialmente seca del agregado grueso



Densidad saturada superficialmente seca del agregado fino



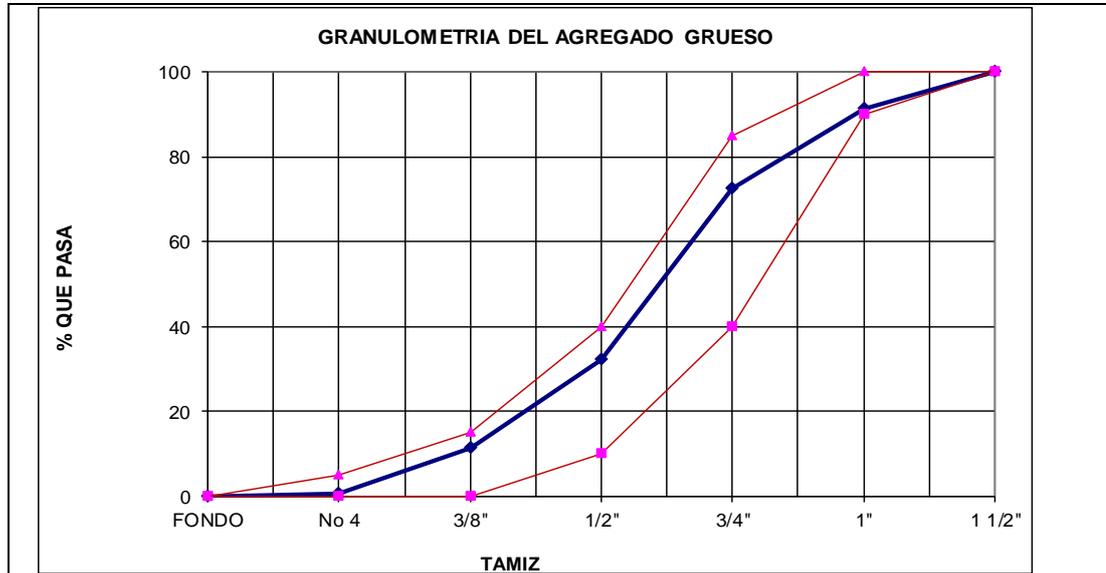
Anexo 2. Ensayo granulométrico grueso

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
	TEMA	

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (NTE INEN 696)

Muestra	Agregado Grueso	Fuente de Agregado	Cantera "CALIZAS HUAYCO"
----------------	-----------------	---------------------------	--------------------------

TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES REQUERIDA A.S.T.M.			
				3/4"	1"	1 1/2"	2"
1 1/2"	0	0,00	100,00		100	95 - 100	
1"	609	8,70	91,30	100,00	95 - 100		35 - 70
3/4"	1310	18,71	72,59	90 - 100		35 - 70	
1/2"	2812	40,17	32,42		25 - 60		10 -- 30
3/8"	1459	20,84	11,57	20 -- 5		10 -- 30	
No 4	774	11,06	0,52	0 - 10	0 - 10	0 - 5	0 - 5
FONDO	36,23	0,52	0,00	0 - 5	0 - 5		
TOTAL	7000,23		64500,00				



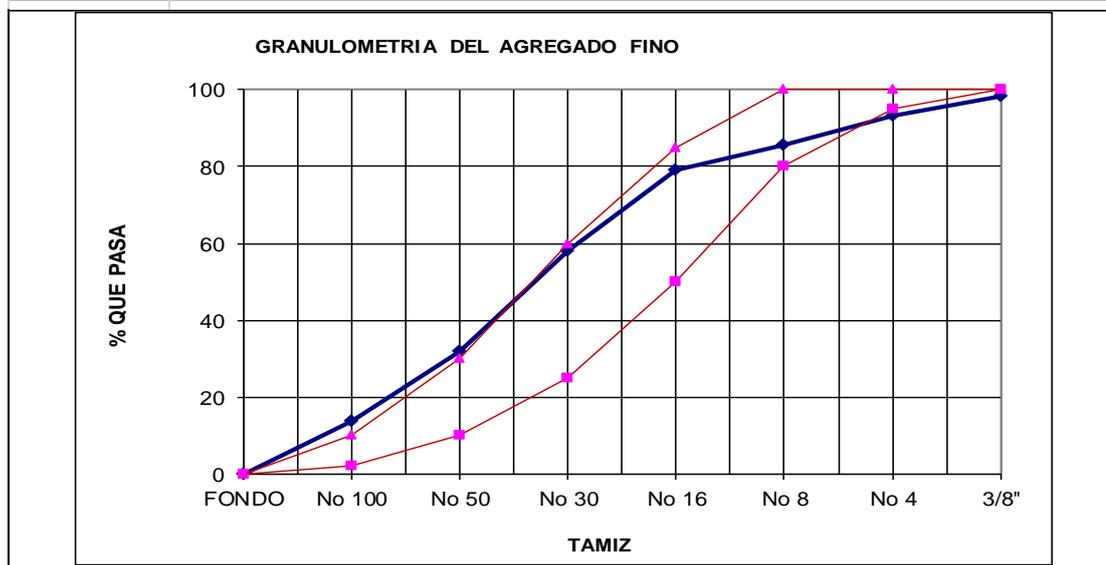
ELABORADO POR: YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE LIMON REYES JENNIFER ARIANA	REVISADO POR : ING. LUCRECIA MORENO A. MSC	
--	--	---

Anexo 3. Ensayo granulométrico fino

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA	

ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (NTE INEN 696)

Muestra	Agregado Fino		Fuente de Agregado	Cantera "El Triunfo"	
TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES A.S.T.M.
3/8"	22,8	1,5	1,5	98,5	100,0
No 4	79,3	5,4	6,9	93,1	95,0 100,0
No 8	112,1	7,6	14,5	85,5	80,0 100,0
No 16	96,5	6,5	21,0	79,0	50,0 85,0
No 30	308,2	20,8	41,8	58,2	25,0 60,0
No 50	390,4	26,4	68,2	31,8	10,0 30,0
No 100	269,3	18,2	86,4	13,6	2,0 10,0
FONDO	202	13,6	100,0	0,0	0
TOTAL	1480,6	M.F.	2,40		



ELABORADO POR:	REVISADO POR :	
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE LIMON REYES JENNIFER ARIANA	ING. LUCRECIA MORENO A. MSC	

Anexo 4. Dosificación patrón con cemento GU

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL							
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA							
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas	F'c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm		
Tipo de cemento	Uso general (GU)	F'cr	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm		
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso		Agregado Fino			Densidad de componentes			
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2940	Kg/m ³
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621	Kg/m ³
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513	Kg/m ³
% DE ASORCION	1,73%		% DE ASORCION	4,71%		δ_{AGUA}	1000	Kg/m ³
						-	-	-
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m³				
Relación A / C	0,48		Vol. de agua tabulado	205	Its			
Volumen de Agregado Grueso	0,66		Vol. de Agua corregido	218,20	Its			
Cantidad de Agua	205	Its	Cemento por m ³	454,59	Its			
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1m³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)	Corrección ACI		Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)	
Cemento	0,155 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado	1 m ³	Cemento	0,15 m ³	454,59 kg	
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg				A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Fino	0,25 m ³	0,24 m ³	-	-	-
Arena	0,247 m ³	620,4 kg				Arena	0,24 m ³	615,25 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m³)	Nº de Elementos	Volumen (m³)	% Desperdicio	Volumen final (m³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0076 m ³	22,21 kg	0,0060 m ³	17,55 kg	39,760	kg		
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733	kg		
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085	lt		
-	-	-	-	-	-	-		
Arena	0,0120 m ³	30,06 kg	0,0095 m ³	23,75 kg	53,811	kg		
ELABORADO POR:		REVISADO POR :						
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE		ING. LUCRECIA MORENO A. MSC						
LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 5. Dosificación con 0.20% fibra de aluminio con cemento GU

		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción		Pavimentos y Losas		F'c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm
Tipo de cemento		Uso general (GU)		F'cr	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso			Agregado Fino			Densidad de componentes		
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2940	Kg/m ³
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621	Kg/m ³
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513	Kg/m ³
% DE ASORCION		1,73%	% DE ASORCION		4,71%	δ_{AGUA}	1000	Kg/m ³
						$\delta_{ALUMINIO}$	2700	Kg/m ³
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m³				
Relación A / C		0,48		Vol. de agua tabulado		205	lts	
Volumen de Agregado Grueso		0,66		Vol. de Agua corregido		218,20	lts	
Cantidad de Agua		205	lts	Cemento por m ³		454,59	lts	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1m³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)	Corrección ACI			Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)
Cemento	0,155 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado		1 m ³	Cemento	0,15 m ³	454,59 kg
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg		A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³	Agua	0,22 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Fino	0,25 m ³	0,24 m ³	Aluminio	0,000175 m ³	
Arena	0,247 m ³	620,4 kg				Arena	0,24 m ³	615,25 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m³)	Nº de Elementos	Volumen (m³)	% Desperdicio	Volumen final (m³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
Adicion de fibra de aluminio para cilindros						0,20%	0,00010 m ³	
Adicion de fibra de aluminio para vigas						0,20%	0,00008 m ³	
Volumen total de componentes requeridos + volumen de adicion de fibra de aluminio						0,08763760 m ³		
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0076 m ³	22,21 kg	0,0060 m ³	17,55 kg	39,760	kg		
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733	kg		
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085	lt		
Aluminio	0,0000977 m ³	0,26 kg	0,00007722	0,21 kg	0,4723	kg		
Arena	0,0120 m ³	30,06 kg	0,0095 m ³	23,75 kg	53,811	kg		
ELABORADO POR:				REVISADO POR :				
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE LIMON REYES JENNIFER ARIANA				ING. LUCRECIA MORENO A. MSC				
								

Anexo 6. Dosificación con 0.25% fibra de aluminio con cemento GU

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA							
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas		F'c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm	
Tipo de cemento	Uso general (GU)		F'cr	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm	
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso			Agregado Fino			Densidad de componentes		
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2940 Kg/m ³	
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621 Kg/m ³	
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513 Kg/m ³	
% DE ASORCION		1,73%	% DE ASORCION		4,71%	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³	
						$\delta_{ALUMINIO}$	2700 Kg/m ³	
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m ³				
Relación A / C		0,48		Vol. de agua tabulado		205	lts	
Volumen de Agregado Grueso		0,66		Vol. de Agua corregido		218,20	lts	
Cantidad de Agua		205	lts	Cemento por m ³		454,59	lts	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1m ³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m ³)	Peso (kg)	Corrección ACI			Comp.	Vol. (m ³)	Peso (kg)
Cemento	0,155 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado		1 m ³	Cemento	0,15 m ³	454,59 kg
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg		A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³	Agua	0,22 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Fino	0,25 m ³	0,24 m ³	Aluminio	0,000219 m ³	
Arena	0,247 m ³	620,4 kg				Arena	0,24 m ³	615,25 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m ³)	Nº de Elementos	Volumen (m ³)	% Desperdicio	Volumen final (m ³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
Adicion de fibra de aluminio para cilindros						0,25%	0,00012 m ³	
Adicion de fibra de aluminio para vigas						0,25%	0,00010 m ³	
Volumen total de componentes requeridos + volumen de adicion de fibra de aluminio						0,08768133 m ³		
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0076 m ³	22,21 kg	0,0060 m ³	17,55 kg	39,760	kg		
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733	kg		
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085	lt		
Aluminio	0,0001221 m ³	0,33 kg	0,000096525	0,26 kg	0,5904	kg		
Arena	0,0120 m ³	30,06 kg	0,0095 m ³	23,75 kg	53,811	kg		
ELABORADO POR:			REVISADO POR :					
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC					
LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 7. Dosificación con 0.30% fibra de aluminio con cemento GU

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción		Pavimentos y Losas		F'c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm
Tipo de cemento		Uso general (GU)		F'cr	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso			Agregado Fino			Densidad de componentes		
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2940	Kg/m ³
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621	Kg/m ³
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513	Kg/m ³
% DE ASORCION		1,73%	% DE ASORCION		4,71%	δ_{AGUA}	1000	Kg/m ³
						$\delta_{ALUMINIO}$	2700	Kg/m ³
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m³				
Relación A / C		0,48		Vol. de agua tabulado		205		lts
Volumen de Agregado Grueso		0,66		Vol. de Agua corregido		218,20		lts
Cantidad de Agua		205		lts		Cemento por m ³		454,59
								lts
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1m³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)	Corrección ACI			Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)
Cemento	0,155 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado		1 m ³	Cemento	0,15 m ³	454,59 kg
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg		A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³	Agua	0,22 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Fino	0,25 m ³	0,24 m ³	Aluminio	0,000262 m ³	
Arena	0,247 m ³	620,4 kg				Arena	0,24 m ³	615,25 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m³)	Nº de Elementos	Volumen (m³)	% Desperdicio	Volumen final (m³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
Adicion de fibra de aluminio para cilindros						0,30%	0,00015 m ³	
Adicion de fibra de aluminio para vigas						0,30%	0,00012 m ³	
Volumen total de componentes requeridos + volumen de adicion de fibra de aluminio						0,08772506 m ³		
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0076 m ³	22,21 kg	0,0060 m ³	17,55 kg	39,760	kg		
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733	kg		
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085	lt		
Aluminio	0,0001466 m ³	0,40 kg	0,00011583	0,31 kg	0,7084	kg		
Arena	0,0120 m ³	30,06 kg	0,0095 m ³	23,75 kg	53,811	kg		
ELABORADO POR:			REVISADO POR :					
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE LIMON REYES JENNIFER ARIANA			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC					
								

Anexo 8. Dosificación patrón cemento HE

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL							
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA							
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas	F'c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm		
Tipo de cemento	Altas resistencias tempranas (HE)	F'cr	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm		
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso			Agregado Fino			Densidad de componentes		
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2900	Kg/m ³
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621	Kg/m ³
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513	Kg/m ³
% DE ASORCION	1,73%		% DE ASORCION	4,71%		δ_{AGUA}	1000	Kg/m ³
						-	-	-
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m³				
Relación A / C		0,48		Vol. de agua tabulado		205		lts
Volumen de Agregado Grueso		0,66		Vol. de Agua corregido		218,20		lts
Cantidad de Agua		205		Cemento por m ³		454,59		lts
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1m³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)	Corrección ACI			Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)
Cemento	0,157 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado			Cemento	0,16 m ³	454,59 kg
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg					Agua	0,22 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³	-	-	-
Arena	0,245 m ³	615,1 kg	A. Fino	0,24 m ³	0,24 m ³	Arena	0,24 m ³	613,10 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m³)	Nº de Elementos	Volumen (m³)	% Desperdicio	Volumen final (m³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0077 m ³	22,21 kg	0,0061 m ³	17,55 kg	39,760	kg		
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733	kg		
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085	lt		
-	-	-	-	-	-	-		
Arena	0,0119 m ³	29,95 kg	0,0094 m ³	23,67 kg	53,624	kg		
ELABORADO POR:			REVISADO POR :					
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC					
LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 9. Dosificación con 0.20% de fibra de aluminio con cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA							
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas		F^c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm	
Tipo de cemento	Altas resistencias tempranas (HE)		F^{cr}	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm	
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso			Agregado Fino			Densidad de componentes		
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2900 Kg/m ³	
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621 Kg/m ³	
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513 Kg/m ³	
% DE ASORCION		1,73%	% DE ASORCION		4,71%	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³	
						$\delta_{ALUMINIO}$	2700 Kg/m ³	
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m ³				
Relación A / C		0,48		Vol. de agua tabulado		205	lts	
Volumen de Agregado Grueso		0,66		Vol. de Agua corregido		218,20	lts	
Cantidad de Agua		205 lts		Cemento por m ³		454,59	lts	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1m ³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m ³)	Peso (kg)	Corrección ACI			Comp.	Vol. (m ³)	Peso (kg)
Cemento	0,157 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado		1 m ³	Cemento	0,16 m ³	454,59 kg
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg					Agua	0,22 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³	Aluminio	0,000175 m ³	
Arena	0,245 m ³	615,1 kg	A. Fino	0,24 m ³	0,24 m ³	Arena	0,24 m ³	613,10 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m ³)	Nº de Elementos	Volumen (m ³)	% Desperdicio	Volumen final (m ³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
Adicion de fibra de aluminio para cilindros						0,20%	0,00010 m ³	
Adicion de fibra de aluminio para vigas						0,20%	0,00008 m ³	
Volumen total de componentes requeridos + volumen de adición de fibra de aluminio						0,08763760 m ³		
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0077 m ³	22,21 kg	0,0061 m ³	17,55 kg	39,760	kg		
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733	kg		
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085	lt		
Aluminio	0,0000977 m ³	0,26 kg	0,00007722	0,21 kg	0,4723	kg		
Arena	0,0119 m ³	29,95 kg	0,0094 m ³	23,67 kg	53,624	kg		
ELABORADO POR:			REVISADO POR :					
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC					
LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 10. Dosificación con 0.25% de fibra de aluminio con cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción		Pavimentos y Losas		F'c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm
Tipo de cemento		Altas resistencias tempranas (HE)		F'cr	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso			Agregado Fino			Densidad de componentes		
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2900	Kg/m ³
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621	Kg/m ³
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513	Kg/m ³
% DE ASORCION		1,73%	% DE ASORCION		4,71%	δ_{AGUA}	1000	Kg/m ³
						$\delta_{ALUMINIO}$	2700	Kg/m ³
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m³				
Relación A / C		0,48		Vol. de agua tabulado		205		lts
Volumen de Agregado Grueso		0,66		Vol. de Agua corregido		218,20		lts
Cantidad de Agua		205		Cemento por m ³		454,59		lts
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1m³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)	Corrección ACI			Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)
Cemento	0,157 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado		1 m ³	Cemento	0,16 m ³	454,59 kg
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg					Agua	0,22 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³	Aluminio	0,000219 m ³	
Arena	0,245 m ³	615,1 kg	A. Fino	0,24 m ³	0,24 m ³	Arena	0,24 m ³	613,10 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m³)	Nº de Elementos	Volumen (m³)	% Desperdicio	Volumen final (m³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
Adicion de fibra de aluminio para cilindros						0,25%	0,00012 m ³	
Adicion de fibra de aluminio para vigas						0,25%	0,00010 m ³	
Volumen total de componentes requeridos + volumen de adicion de fibra de aluminio						0,08768133 m ³		
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0077 m ³	22,21 kg	0,0061 m ³	17,55 kg	39,760		kg	
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733		kg	
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085		lt	
Aluminio	0,0001221 m ³	0,33 kg	0,000096525	0,26 kg	0,5904		kg	
Arena	0,0119 m ³	29,95 kg	0,0094 m ³	23,67 kg	53,624		kg	
ELABORADO POR:			REVISADO POR :					
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC					
LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 11. Dosificación con 0.30% de fibra de aluminio con cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
DATOS DE DISEÑO								
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas	F'c	350	kg/cm ²	Tamaño Nominal del agregado	19mm		
Tipo de cemento	Altas resistencias tempranas (HE)	F'cr	420	kg/cm ²	Revenimiento	5 - 7 cm		
DATOS DE LOS AGREGADOS								
Agregado grueso			Agregado Fino			Densidad de componentes		
D.S.S.S	2621,23	Kg/m ³	D.S.S.S	2512,56	Kg/m ³	$\delta_{CEMENTO}$	2900	Kg/m ³
P.V.S	1294,30	Kg/m ³	P.V.S	1203,33	Kg/m ³	δ_{PIEDRA}	2621	Kg/m ³
P.V.V	1450,55	Kg/m ³	M.F	2,40		δ_{ARENA}	2513	Kg/m ³
% DE ASORCION		1,73%	% DE ASORCION		4,71%	δ_{AGUA}	1000	Kg/m ³
						$\delta_{ALUMINIO}$	2700	Kg/m ³
DATOS DE ACI (TABLA NORMADA)				CANTIDAD DE COMPONENTES PARA 1 m³				
Relación A / C		0,48		Vol. de agua tabulado		205 lts		
Volumen de Agregado Grueso		0,66		Vol. de Agua corregido		218,20 lts		
Cantidad de Agua		205 lts		Cemento por m ³		454,59 lts		
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1 m³ DE HORMIGÓN								
Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)	Corrección ACI			Comp.	Vol. (m³)	Peso (kg)
Cemento	0,157 m ³	454,6 kg	Total Vol. Calculado		1 m ³	Cemento	0,16 m ³	454,59 kg
Piedra	0,365 m ³	957,4 kg	AGREGADO	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Piedra	0,37 m ³	957,36 kg
Agua	0,218 m ³	218,2 kg					Agua	0,22 m ³
Aire	0,015 m ³	-	A. Grueso	0,37 m ³	0,37 m ³	Aluminio	0,000262 m ³	
Arena	0,245 m ³	615,1 kg	A. Fino	0,24 m ³	0,24 m ³	Arena	0,24 m ³	613,10 kg
VOLUMEN PARA ELEMENTOS REQUERIDOS								
Elemento	Volumen (m³)	Nº de Elementos	Volumen (m³)	% Desperdicio	Volumen final (m³)			
Cilindros	0,0055514400	8	0,04441152	10	0,048852672			
Vigas	0,0117000000	3	0,0351	10	0,0386100			
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
Adicion de fibra de aluminio para cilindros						0,30%	0,00015 m ³	
Adicion de fibra de aluminio para vigas						0,30%	0,00012 m ³	
Volumen total de componentes requeridos + volumen de adicion de fibra de aluminio						0,08772506 m ³		
COMP.	MATERIAL PARA CILINDROS		MATERIAL PARA VIGAS		TOTAL DE MATERIAL			
Cemento	0,0077 m ³	22,21 kg	0,0061 m ³	17,55 kg	39,760	kg		
Piedra	0,0178 m ³	46,77 kg	0,0141 m ³	36,96 kg	83,733	kg		
Agua	0,0107 m ³	10,66 kg	0,0084 m ³	8,42 kg	19,085	lt		
Aluminio	0,0001466 m ³	0,40 kg	0,00011583	0,31 kg	0,7084	kg		
Arena	0,0119 m ³	29,95 kg	0,0094 m ³	23,67 kg	53,624	kg		
ELABORADO POR:			REVISADO POR :					
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC					
LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 12. Elaboración de los cilindros de hormigón

Moldes cilíndricos para la elaboración de probetas de hormigón



Dosificación del material para la elaboración de los cilindros



Colocación del material



Ajuste y llenado de moldes cilíndricos



Varillado de capas y enrasado de la superficie



Anexo 13. Desencofrado y curado de probetas cilíndricas

Desencofrado de probetas cilíndricas



Curado de las probetas cilíndricas



Anexo 14. Elaboración de especímenes prismáticos de hormigón (vigas)

Elaboración de la mezcla para las vigas de hormigón



Moldes prismáticos para la elaboración de vigas de hormigón



Llenado de moldes prismáticos



Anexo 15. Desencofrado y curado de probetas prismáticas

Desencofrado de vigas de hormigón



Curado de las probetas prismáticas



Anexo 16. Ensayo de asentamiento de la mezcla

Ensayo mediante cono de Abrams



Medición del asentamiento



Anexo 17. Elaboración de los especímenes cilíndricos y prismáticos con adición de fibra de aluminio

Elaboración de la mezcla



Incorporación de la fibra en la mezcla



Llenado y curado de los moldes cilíndricos y prismáticos



Anexo 18. Preparación de probetas cilíndricas y prismáticas para ser ensayado

Preparación de los cilindros de hormigón



Preparación de los cilindros de hormigón

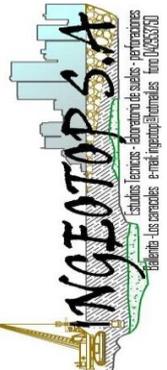


Anexo 19. Ensayo de resistencia a la compresión

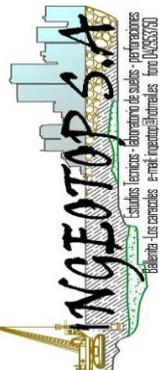
Rotura de probetas de hormigón



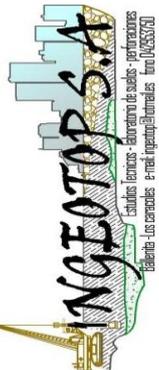
Anexo 20. Rotura de cilindros – Diseño patrón con cemento GU

		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39											
TEMA:		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"											
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO				CEMENTO "GU"				CONTIENE	0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO		
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	Nº	FECHA DE VACIADO	DIAMETRO CILINDRO (cm)		ALTIMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO Kg	ROTURA			EFICIENCIA		
			D1	D2				PROMEDIO	EDAD (DIAS)	FECHA	CARGA	RESISTENCIA kg/cm ²	%
0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO	1	30/11/2020	15,01	15,05	15,03	177,4	12	03/12/2020	3	195,8	113	32%	31%
	2	30/11/2020	15,01	15,10	15,06	178,0	12	03/12/2020	3	182,5	105	30%	
REVENIMIENTO: 10 cm	1	30/11/2020	15,16	15,13	15,15	180,1	12	07/12/2020	7	408,5	231	66%	67%
	2	30/11/2020	15,13	15,13	15,13	179,8	12	07/12/2020	7	420,9	239	68%	
RESISTENCIA DE DISEÑO 350 Kg/cm ²	1	30/11/2020	15,07	15,14	15,11	179,2	12	14/12/2020	14	530,2	302	86%	85%
	2	30/11/2020	15,25	15,15	15,20	181,5	12	14/12/2020	14	523,3	294	84%	
FIRMA RESPONSABLE	1	30/11/2020	15,16	15,18	15,17	180,7	12	28/12/2020	28	600,5	339	97%	96%
	2	30/11/2020	15,17	15,21	15,19	181,2	12	28/12/2020	28	590,1	332	95%	
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR				ELABORADO POR							
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg				YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA							

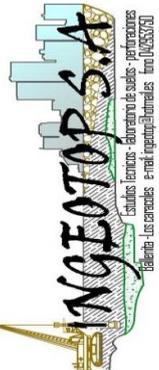
Anexo 21. Rotura de cilindros – Diseño con 0.20% de fibra Al. con cemento GU

		<p style="text-align: center;">ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO</p> <p style="text-align: center;">NORMA ASTM C-39</p>												
TEMA:		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"												
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO			CEMENTO "GU"			CONTIENE		0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO				
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	Nº	FECHA DE VACIADO	DIAMETRO CILINDRO (cm)			ALTIMETRO (cm)	AREA (cm ²)	PESO (kg)	ROTURA		EFICIENCIA			
			D1	D2	PROMEDIO				EDAD (DIAS)	FECHA	CARGA	RESISTENCIA (kg/cm ²)	%	PROMEDIO
0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO	1	01/12/2020	15,05	15,01	15,03	30,01	177	12	3	04/12/2020	204,1	117	34%	32%
	2	01/12/2020	15,10	15,18	15,14	30,00	180	13	3	04/12/2020	189,3	107	31%	
REVENIMIENTO: 10 cm	1	01/12/2020	15,19	15,22	15,21	29,96	182	13	7	08/12/2020	393,5	221	63%	62%
	2	01/12/2020	15,23	15,19	15,21	29,97	182	13	7	08/12/2020	378,5	212	61%	
RESISTENCIA DE DISEÑO 350 Kg/cm ²	1	01/12/2020	15,06	15,11	15,09	30,01	179	12	14	15/12/2020	486,4	278	79%	82%
	2	01/12/2020	15,10	15,09	15,10	30,11	179	12	14	15/12/2020	518,5	295	84%	
FIRMA RESPONSABLE	1	01/12/2020	15,12	15,15	15,14	30,04	180	12	28	29/12/2020	600,3	340	97%	94%
	2	01/12/2020	15,24	15,21	15,23	29,96	182	14	28	29/12/2020	570,8	320	91%	
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR									
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ		LIMON REYES JENNIFER ARIANA							

Anexo 22. Rotura de cilindros – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento GU

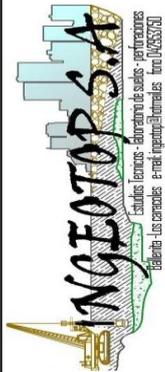
		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39											
TEMA:		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"											
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO			CEMENTO "GU"			CONTIENE		0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO			
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	Nº	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)		ALTIMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO Kg	ROTURA		EFICIENCIA			
			D1	D2				PROMEDIO	FECHA	EDAD (DIAS)	CARGA	RESISTENCIA	%
0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO	1	01/12/2020	15,25	15,13	15,19	181	12	04/12/2020	3	233,6	131	38%	41%
	2	01/12/2020	15,20	15,12	15,16	181	13	04/12/2020	3	275,9	156	45%	
REVENIMIENTO: 10 cm	1	01/12/2020	15,15	15,12	15,14	180	12	08/12/2020	7	454,8	258	74%	75%
	2	01/12/2020	15,15	15,18	15,17	181	13	08/12/2020	7	472,6	267	76%	
RESISTENCIA DE DISEÑO 350 Kg/cm ²	1	01/12/2020	15,14	15,22	15,18	181	12	29/12/2020	28	662,6	373	107%	99%
	2	01/12/2020	15,05	15,09	15,07	178	12	29/12/2020	28	563,3	322	92%	
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR								
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 23. Rotura de cilindros – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento GU

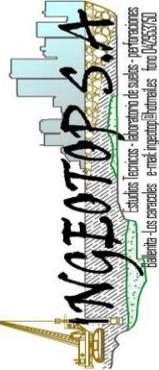
		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39											
TEMA: "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"		TIPO DE CEMENTO			CEMENTO "GU"			CONTIENE		0,30 % DE FIBRA DE ALUMINIO			
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	DIAMETRO CILINDRO (cm)		ALTIMETRO (cm)	AREA (cm²)	PESO Kg	ROTURA			EFICIENCIA		
			D1	D2				PROMEDIO	EDAD (DIAS)	CARGA	RESISTENCIA	%	PROMEDIO
0,30 % DE FIBRA DE ALUMINIO	1	03/12/2020	15,18	15,11	15,15	180	12	3	245,5	139	40%	37%	
	2	03/12/2020	15,15	15,12	15,14	180	12	3	206,2	117	33%		
REVENIMIENTO: 10 cm	1	03/12/2020	15,17	15,18	15,18	181	12	7	326,9	184	53%	63%	
	2	03/12/2020	15,10	15,05	15,08	178	12	7	443,3	253	72%		
RESISTENCIA DE DISEÑO 350 Kg/cm²	1	03/12/2020	15,13	15,05	15,09	179	12	14	480,7	274	78%	77%	
	2	03/12/2020	15,10	15,10	15,10	179	12	14	465,5	265	76%		
FIRMA RESPONSABLE	1	03/12/2020	15,21	15,12	15,17	181	12	28	571,3	323	92%	90%	
	2	03/12/2020	15,11	15,12	15,12	179	12	28	545,3	310	89%		
FIRMA RESPONSABLE						REVISADO POR						ELABORADO POR	
Ing. LUCRECIA MORENO. Mg						YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA							

Anexo 24. Rotura de cilindros – Diseño patrón con cemento HE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO														
NORMA ASTM C-39														
TEMA:														
"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"														
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)			CONTIENE	0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO							
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	Nº	FECHA DE VACIADO	DIAMETRO CILINDRO (cm)		ALTA	PESO Kg	ROTURA			EFICIENCIA				
			D1	D2			PROMEDIO	ALTA (cm)	AREA (cm)²	FECHA	EDAD (DIAS)	CARGA	RESISTENCIA kg/cm²	%
0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO	1	10/12/2020	15,09	15,09	15,09	13	13	13/12/2020	3	435,3	248	71%	73%	
	2	10/12/2020	15,10	15,16	15,13	13	13	13/12/2020	3	461,2	262	75%	75%	
	1	10/12/2020	15,12	15,21	15,17	13	13	17/12/2020	7	564,6	319	91%	92%	
	2	10/12/2020	15,21	15,20	15,21	13	13	17/12/2020	7	578,8	325	93%	93%	
REVENIMIENTO:	10	10/12/2020	15,14	15,22	15,18	13	13	24/12/2020	14	620,8	350	100%	99%	
RESISTENCIA DE DISEÑO	350 Kg/cm²	1	10/12/2020	15,15	15,21	15,18	13	13	24/12/2020	14	610,3	344	98%	103%
		2	10/12/2020	15,11	15,02	15,07	12	12	07/01/2021	28	632,1	362	103%	103%
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR		ELABORADO POR										
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg		YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ		LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

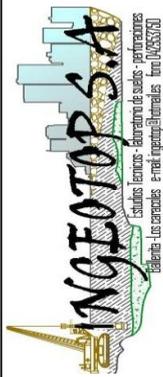


Anexo 25. Rotura de cilindros – Diseño con 0.20% de fibra Al. con cemento HE

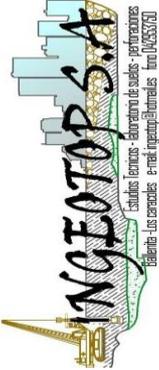
		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39											
TEMA:		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"											
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO			ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)			CONTIENE	0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO				
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	Nº	FECHA DE VACIADO	DIAMETRO CILINDRO (cm)		ALTAURA (cm)	AREA (cm)2	PESO Kg	ROTURA			EFICIENCIA		
			D1	D2				PROMEDIO	FECHA	EDAD (DIAS)	CARGA	RESISTENCIA kg/cm2	%
0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO	1	12/12/2020	15,16	15,13	15,15	180	12	15/12/2020	3	464,7	263	75%	75%
	2	12/12/2020	15,02	15,17	15,10	179	12	15/12/2020	3				
REVENIMIENTO: 10	1	12/12/2020	15,17	15,13	15,15	180	13	19/12/2020	7	580,7	328	94%	94%
	2	12/12/2020	15,16	15,13	15,15	180	13	19/12/2020	7	577,9	327	93%	93%
RESISTENCIA DE DISEÑO 350 Kg/cm²	1	12/12/2020	15,05	15,16	15,11	179	12	26/12/2020	14	597,2	340	97%	95%
	2	12/12/2020	15,09	15,20	15,15	180	12	26/12/2020	14	580,1	328	94%	94%
FIRMA RESPONSABLE	1	12/12/2020	15,20	15,17	15,19	181	12	09/01/2021	28	639,2	360	103%	103%
	2	12/12/2020	15,25	15,12	15,19	181	12	09/01/2021	28				
REVISADO POR		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg											
ELABORADO POR		YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA											

Anexo 26. Rotura de cilindros – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento HE

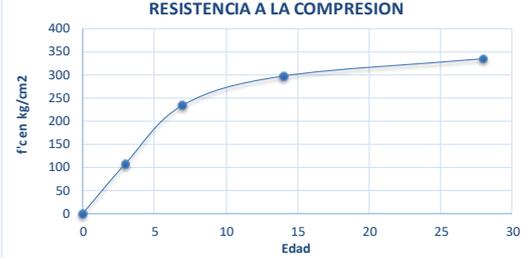
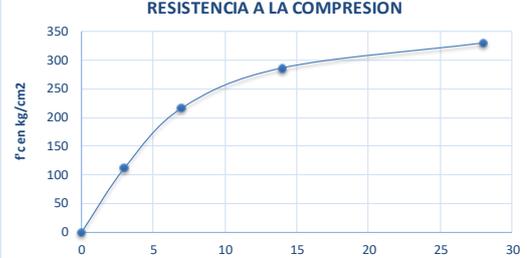
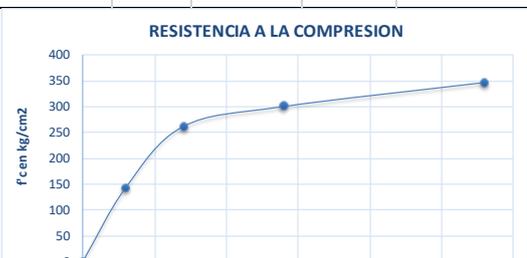
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO													
NORMA ASTM C-39													
"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"													
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)			CONTIENE	0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO						
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	Nº	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)		ALTIMETRO (cm)	ÁREA (cm)²	PESO Kg	ROTURA					
			D1	D2				PROMEDIO	FECHA	EDAD (DIAS)	CARGA	RESISTENCIA kg/cm²	EFICIENCIA %
0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO	1	12/12/2020	15,22	15,19	15,21	182	13	15/12/2020	3	471,1	265	76%	75%
	2	12/12/2020	15,17	15,16	15,17	181	13	15/12/2020	3	465,5	263	75%	
	1	12/12/2020	15,12	15,17	15,15	180	13	19/12/2020	7	589,2	334	95%	97%
	2	12/12/2020	15,07	15,06	15,07	178	12	19/12/2020	7	598,1	342	98%	
	1	12/12/2020	15,22	15,21	15,22	182	13	26/12/2020	14	618,1	347	99%	99%
	2	12/12/2020	15,13	15,28	15,21	182	13	26/12/2020	14	610,5	343	98%	
RESISTENCIA DE DISEÑO	1	12/12/2020	15,11	15,14	15,13	180	12	09/01/2021	28	658,1	374	107%	107%
	2	12/12/2020	15,14	15,03	15,09	179	12	09/01/2021	28	664,1	379	108%	
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR					ELABORADO POR						
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg					YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA						



Anexo 27. Rotura de cilindros – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento HE

		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39											
TEMA:		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"											
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO			ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)			CONTIENE	0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO				
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	Nº	FECHA DE VACIADO	DIAMETRO CILINDRO (cm)		ALTIMETRO (cm)	AREA (cm)²	PESO Kg	ROTURA			EFICIENCIA		
			D1	D2				PROMEDIO	FECHA	EDAD (DIAS)	CARGA	RESISTENCIA kg/cm²	%
0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO	1	13/12/2020	15,14	15,12	15,13	180	13	16/12/2020	3	426,8	242	69%	68%
	2	13/12/2020	15,17	15,17	15,17	181	13	16/12/2020	3	410,1	231	66%	
REVENIMIENTO: 10	1	13/12/2020	15,06	15,00	15,03	177	12	20/12/2020	7	521,8	300	86%	85%
	2	13/12/2020	15,18	15,20	15,19	181	13	20/12/2020	7	520,4	293	84%	
RESISTENCIA DE DISEÑO 350 Kg/cm²	1	13/12/2020	15,07	15,13	15,10	179	13	27/12/2020	14	560,5	319	91%	91%
	2	13/12/2020	15,15	15,14	15,15	180	13	27/12/2020	14	559,5	317	90%	
FIRMA RESPONSABLE	1	13/12/2020	15,09	15,12	15,11	179	12	10/01/2021	28	591,2	336	96%	97%
	2	13/12/2020	15,11	15,16	15,14	180	12	10/01/2021	28	607,8	344	98%	
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR								
		Ing. LUCRECIA MORENO Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA								

Anexo 28. Resultados ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros GU

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
RESULTADOS DE ESPÉCIMES								
RESISTENCIA DE DISEÑO	350 Kg/cm ²	ELEMENTO	CILINDRO	CEMENTO	USO GENERAL (GU)	EDAD	28 DIAS	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
DISEÑO PATRON (0.00% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO)								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kq/cm2)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,04	177,72	189,15	31%	108,5			
7	15,14	179,97	414,70	67%	235,0			
14	15,15	180,33	526,75	85%	297,9			
28	15,18	180,98	595,30	96%	335,4			
0.20% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kq/cm2)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,09	178,72	196,70	32%	112,2			
7	15,21	181,64	386,00	62%	216,7			
14	15,09	178,84	502,45	82%	286,5			
28	15,18	180,98	585,55	94%	329,9			
0.25% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kq/cm2)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,18	180,86	254,75	41%	143,6			
7	15,15	180,27	463,70	75%	262,3			
14	15,63	191,75	566,55	86%	301,3			
28	15,13	179,67	612,95	99%	347,9			
0.30% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kq/cm2)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,14	180,03	225,85	37%	127,9			
7	15,13	179,67	385,10	62%	218,6			
14	15,10	178,96	473,10	77%	269,6			
28	15,14	180,03	558,30	90%	316,2			
		REVISADO POR			ELABORADO POR			
		ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA			

Anexo 29. Resultados ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros HE

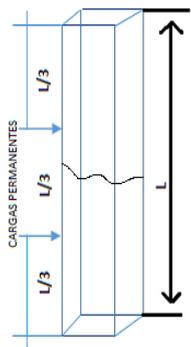
		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
RESULTADOS DE ESPÉCIMES								
RESISTENCIA DE DISEÑO	350 Kg/cm ²	ELEMENTO	CILINDRO	CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)	EDAD	28 DIAS	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
DISEÑO PATRON (0.00% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO)								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kg/cm ²)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,11	179,32	448,25	73%	254,9			
7	15,19	181,10	571,70	92%	321,9			
14	15,18	180,98	615,55	99%	346,8			
28	15,05	177,89	630,65	103%	361,5			
0.20% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kg/cm ²)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,12	179,55	464,70	75%	263,9			
7	15,15	180,21	579,30	94%	327,8			
14	15,13	179,67	588,65	95%	334,1			
28	15,19	181,10	639,20	103%	359,9			
0.25% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kg/cm ²)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,19	181,10	468,30	75%	263,7			
7	15,11	179,20	593,65	97%	337,8			
14	15,21	181,70	614,30	99%	344,8			
28	15,11	179,20	661,10	107%	376,2			
0.30% ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO								
EDAD	DIAMETRO PROMEDIO	AREA (CM2)	CARGA PROMEDIO	% F'c	F'c (kg/cm ²)			
0	0	0	0	0	0			
3	15,15	180,27	418,45	68%	236,7			
7	15,11	179,32	521,10	85%	296,3			
14	15,12	179,61	560,00	91%	317,9			
28	15,12	179,55	599,50	97%	340,5			
		REVISADO POR ING. LUCRECIA MORENO. Mg			ELABORADO POR YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA			

Anexo 30. Ensayo de resistencia a la flexión

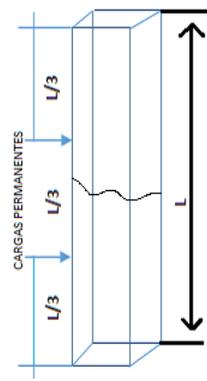
Rotura de vigas de hormigón



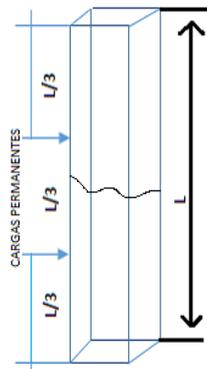
Anexo 31. Rotura de vigas – Diseño patrón con cemento GU

		<p style="text-align: center;">RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON</p> <p style="text-align: center;">NORMA ASTM C-78 - CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS</p>																											
<p>"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE UN PA VIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PA VIMENTO RÍGIDO A DICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA."</p>																													
<p>TEMA:</p>		<p>0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO</p>																											
<p>TIPO DE ELEMENTO</p>	<p>VIGA</p>	<p>TIPO DE CEMENTO</p>	<p>USO GENERAL "GU"</p>																										
		<p>CONTIENE</p>	<p>0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO</p>																										
$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>FECHA</th> <th>LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)</th> <th>FECHA DE ENSAYO</th> <th>EDAD (DIAS)</th> <th>ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)</th> <th>ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">VIGA</td> <td>30/11/2020</td> <td>450</td> <td>07/12/2020</td> <td>7</td> <td>150</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>30/11/2020</td> <td>450</td> <td>28/12/2020</td> <td>28</td> <td>150</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>30/11/2020</td> <td>450</td> <td>28/12/2020</td> <td>28</td> <td>150</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCION	FECHA	LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)	VIGA	30/11/2020	450	07/12/2020	7	150	150	30/11/2020	450	28/12/2020	28	150	150	30/11/2020	450	28/12/2020	28	150	150	<p>ROTURA</p>
DESCRIPCION	FECHA	LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)																							
VIGA	30/11/2020	450	07/12/2020	7	150	150																							
	30/11/2020	450	28/12/2020	28	150	150																							
	30/11/2020	450	28/12/2020	28	150	150																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CARGA MAXIMA P (kN)</th> <th>MODULO DE ROTURA (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>19,95</td> <td>2,66</td> </tr> <tr> <td>30,00</td> <td>4,00</td> </tr> <tr> <td>29,10</td> <td>3,88</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CARGA MAXIMA P (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)	19,95	2,66	30,00	4,00	29,10	3,88					<p>RESULTADOS</p>															
CARGA MAXIMA P (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)																												
19,95	2,66																												
30,00	4,00																												
29,10	3,88																												
		<p>MODULO DE ROTURA A LOS 7 DIAS (MPa)</p>	<p>2,66 MPa</p>																										
		<p>MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS (MPa)</p>	<p>3,94 MPa</p>																										
<p>FIRMA RESPONSABLE</p>	<p>ing. LUCRECIA MORENO. Mg</p>	<p>REVISADO POR</p>	<p>ELABORADO POR</p>																										
		<p>YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ</p>	<p>LIMON REYES JENNIFER ARIANA</p>																										

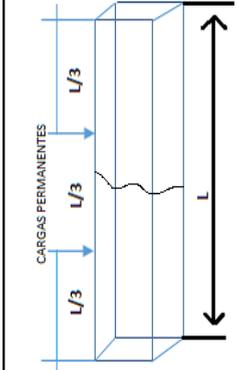
Anexo 32. Rotura de vigas – Diseño con 0.20% de fibra Al. con cemento GU

		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON					
NORMA ASTM C-78 - CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS							
TEMA:		"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RIGIDO A DICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA."					
TIPO DE ELEMENTO	VIGA	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL "GU"	CONTIENE	0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO		
		DESCRIPCION	FECHA	LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	ROTURA
		VIGA	01/12/2020	450	08/12/2020	7	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)
		ADICION DE FIBRA AL 0,20%	01/12/2020	450	29/12/2020	28	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
				450	29/12/2020	28	150
							151
							150
RESULTADOS							
CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)						
21,38	2,85	MODULO DE ROTURA A LOS 7 DIAS (MPa)					
32,80	4,29	2,85 MPa					
32,20	4,29	MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS (MPa)					
		4,29 MPa					
FIRMA RESPONSABLE	Ing. LUCRECIA MORENO. Mg	REVISADO POR	ELABORADO POR				
			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

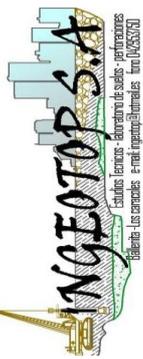
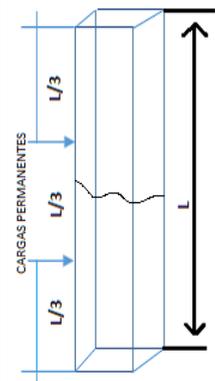
Anexo 33. Rotura de vigas – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento GU

		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON NORMA ASTM C-78 - CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS			
TEMA:		"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA "			
TIPO DE ELEMENTO	VIGA	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL "GU"	CONTIENE	0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO
		DESCRIPCION	FECHA	LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	ROTURA
		VIGA	01/12/2020	450	EDAD (DIAS)
		ADICION DE FIBRA AL 0,25%	01/12/2020	450	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)
			01/12/2020	450	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
					7
					28
					28
					150
					151
					150
RESULTADOS					
CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)				
21,01	2,80	MODULO DE ROTURA A LOS 7 DIAS (MPa)			
34,30	4,51	2,80 MPa			
34,60	4,61	MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS (MPa)			
		4,56 MPa			
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR	ELABORADO POR		
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg	YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA		

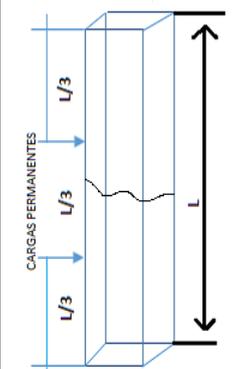
Anexo 34. Rotura de vigas – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento GU

		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON			
		NORMA ASTM C-78 - CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS			
TEMA: "ANALISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA "					
TIPO DE ELEMENTO		TIPO DE CEMENTO		CONTIENE	
VIGA		USO GENERAL "GU"		0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO	
		DESCRIPCION		ROTURA	
VIGA		FECHA		FECHA DE ENSAYO	
ADICION DE FIBRA AL 0,30%		03/12/2020		10/12/2020	
		03/12/2020		31/12/2020	
		03/12/2020		31/12/2020	
		450		150	
		450		150	
		450		151	
				150	
				150	
				150	
RESULTADOS					
CARGA MAXIMA P (KN)		MODULO DE ROTURA (MPa)		MODULO DE ROTURA A LOS 7 DIAS (MPa)	
22,72		3,03		3,03 MPa	
32,90		4,39			
32,20		4,26		MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS (MPa)	
				4,33 MPa	
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR		ELABORADO POR	
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg		YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA	

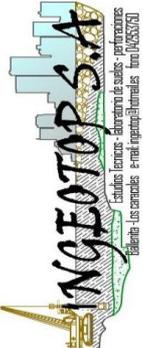
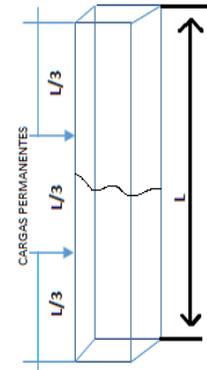
Anexo 35. Rotura de vigas – Diseño con 0.00% de fibra Al. con cemento HE

		<p style="text-align: center;">RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON</p> <p style="text-align: center;">NORMA ASTM C-78 - CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS</p>						
<p>TEMA:</p>		<p>"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"</p>						
<p>TIPO DE ELEMENTO</p>	<p>VIGA</p>	<p>TIPO DE CEMENTO</p>	<p>ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS "HE"</p>	<p>CONTIENE</p>	<p>0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO</p>			
		<p>DESCRIPCION</p>	<p>FECHA</p>	<p>LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)</p>	<p>FECHA DE ENSAYO</p>	<p>EDAD (DIAS)</p>	<p>ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)</p>	<p>ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)</p>
		<p>VIGA</p>	<p>10/12/2020</p>	<p>445</p>	<p>17/12/2020</p>	<p>7</p>	<p>150</p>	<p>150</p>
		<p>ADICION DE FIBRA AL 0,00%</p>	<p>10/12/2020</p>	<p>445</p>	<p>07/01/2021</p>	<p>28</p>	<p>151</p>	<p>152</p>
		<p>10/12/2020</p>	<p>445</p>	<p>07/01/2021</p>	<p>28</p>	<p>28</p>	<p>151</p>	<p>151</p>
$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$		<p>MODULO DE ROTURA (MPa)</p>		<p>RESULTADOS</p>				
<p>CARGA MAXIMA P (KN)</p>	<p>MODULO DE ROTURA (MPa)</p>	<p>MODULO DE ROTURA A LOS 7 DIAS (MPa)</p>						
<p>28,20</p>	<p>3,72</p>	<p>3,72 MPa</p>						
<p>32,10</p>	<p>4,09</p>	<p>MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS (MPa)</p>						
<p>31,30</p>	<p>4,05</p>	<p>4,07 MPa</p>						
<p>FIRMA RESPONSABLE</p>		<p>REVISADO POR</p>		<p>ELABORADO POR</p>				
		<p>Ing. LUCRECIA MORENO. Mg</p>		<p>YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA</p>				

Anexo 37. Rotura de vigas – Diseño con 0.25% de fibra Al. con cemento HE

		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON						
		NORMA ASTM C-78 - CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS						
TEMA:		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO A DICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"						
TIPO DE ELEMENTO	VIGA	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS "HE"	CONTIENE	0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO			
		DESCRIPCION	FECHA	LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)	ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)
		VIGA	12/12/2020 12/12/2020 12/12/2020	450 450 450	19/12/2020 09/01/2021 09/01/2021	7 28 28	150 151 151	151 152 151
		ADICION DE FIBRA AL 0,25%	RESULTADOS					
CARGA MAXIMA P (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)							
31,30	4,12	MODULO DE ROTURA A LOS 7 DIAS (MPa)						
38,30	4,94	4,12 MPa						
38,90	5,08	MODULO DE ROTURA A LOS 28 DIAS (MPa)						
		5,01 MPa						
FIRMA RESPONSABLE	Ing. LUCRECIA MORENO. Mg	REVISADO POR	YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA			ELABORADO POR		

Anexo 38. Rotura de vigas – Diseño con 0.30% de fibra Al. con cemento HE

		<p style="text-align: center;">RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON</p> <p style="text-align: center;">NORMA ASTM C-78 - CARGADA EN LOS PUNTOS TERCIOS</p>						
<p>TEMA:</p>		<p>"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE UN PA VIMIENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PA VIMIENTO RÍGIDO A DICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA "</p>						
<p>TIPO DE ELEMENTO</p>	<p>VIGA</p>	<p>TIPO DE CEMENTO</p>	<p>ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS "HE"</p>	<p>CONTIENE</p>	<p>0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO</p>			
		<p>DESCRIPCION</p>	<p>FECHA</p>	<p>LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)</p>	<p>FECHA DE ENSAYO</p>	<p>EDAD (DIAS)</p>	<p>ANCHO EN AREA DE FRACTURA (mm)</p>	<p>ALTO EN AREA DE FRACTURA (mm)</p>
		<p>VIGA</p>	<p>13/12/2020</p>	<p>450</p>	<p>20/12/2020</p>	<p>7</p>	<p>150</p>	<p>150</p>
		<p>ADICION DE FIBRA AL 0,30%</p>	<p>13/12/2020</p>	<p>450</p>	<p>10/01/2021</p>	<p>28</p>	<p>151</p>	<p>151</p>
			<p>13/12/2020</p>	<p>450</p>	<p>10/01/2021</p>	<p>28</p>	<p>151</p>	<p>151</p>
$MR = \frac{P.L}{b.d^2}$		<p style="text-align: center;">RESULTADOS</p>						
<p>CARGA MAXIMA P (KN)</p>	<p>MODULO DE ROTURA (MPa)</p>	<p>MODULO DE ROTURA A LOS 7 DIAS (MPa)</p>						<p>3,80 MPa</p>
<p>28,50</p>	<p>3,80</p>							
<p>33,70</p>	<p>4,40</p>							
<p>34,30</p>	<p>4,48</p>							
<p>FIRMA RESPONSABLE</p>		<p>ing. LUCRECIA MORENO. Mg</p>		<p>REVISADO POR</p>				<p>YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA</p>
<p>ELABORADO POR</p>								

Anexo 39. Comparación de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión y flexión entre los dos tipos de cementos

UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA				
Resistencia de diseño :	350 Kg/cm ² Cemento : Uso General " GU"				
Edad :	28 Dias Fecha de ensayos : 31/12/2020				
RESULTADOS DE ESPÉCIMES					
% DE ADICION DE FIBRAS DE ALUMINIO	RESISTENCIA A LA COMPRESION		RESISTENCIA A LA FLEXION (28 DIAS)		MR/FC
	f'c = Kg/cm ²	Eficiencia (%)	MR = Mpa	Eficiencia (%)	
0,00% F.A	335,42	95,83%	3,94	94,03%	0,117
0,20% F.A	329,92	94,28%	4,29	102,39%	0,130
0,25% F.A	347,69	99,34%	4,56	108,91%	0,131
0,30% F.A	316,21	90,35%	4,33	103,24%	0,137
RESISTENCIA A LA COMPRESION CEMENTO GU ; F'C=350 KG/CM2 			RESISTENCIA A LA FLEXION (28 DIAS) VIGAS A FLEXION 		
Resistencia de diseño :	350 Kg/cm ² Cemento : Altas Resistencias Tempranas "HE"				
Edad :	28 Dias Fecha de ensayos : 07/01/2021				
RESULTADOS DE ESPÉCIMES					
% DE ADICION DE FIBRAS DE ALUMINIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (28 DIAS)		MR/FC
	f'c = Kg/cm ²	Eficiencia (%)	MR = Mpa	Eficiencia (%)	
0,00% F.A	361,50	103,29%	4,07	97,14%	0,113
0,20% F.A	359,91	102,83%	4,41	105,36%	0,123
0,25% F.A	376,20	107,49%	5,01	119,62%	0,133
0,30% F.A	340,46	97,27%	4,44	106,06%	0,131
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CEMENTO HE ; F'C=350 KG/CM2 			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (28 DIAS) VIGAS A FLEXIÓN 		
DATOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO					
CEMENTO DE USO GENERAL (GU)					
Diseño Patrón	0,00% De Fibra de Aluminio	Módulo de Rotura	3,94 MPa		
% De Adicion de Fibra de Aluminio	0,25 % De Fibra de Aluminio	Módulo de Rotura	4,56 MPa		
CEMENTO DE ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)					
Diseño Patrón	0,00% De Fibra de Aluminio	Módulo de Rotura	4,07 MPa		
% De Adicion de Fibra de Aluminio	0,25 % De fibra de Aluminio	Módulo de Rotura	5,01 MPa		
	REVISADO POR	ELABORADO POR			
	ING. LUCRECIA MORENO. Mg	YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA			

Anexo 40. Ensayo de Esclerometría y Velocidad de Pulso Ultrasónico

Ensayo de esclerometría



Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico



Anexo 41. Resultados del módulo de elasticidad estático y Relación de Poisson del hormigón proporcionados por el Centro de Innovación Holcim

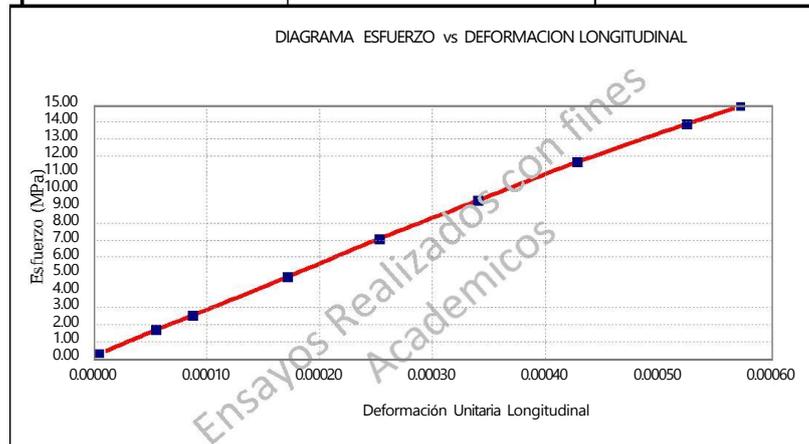
CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM

Av. Barcelona Y Calle José Rodríguez Bonín, Telf.:3709000, Guayaquil

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESIÓN. ASTM C 469

Proyecto	CONCRETO CON FIBRA DE ALUMINIO	
Diseño	Cemento HE 0.00% F.A.	
Fecha moldeo:	2020/12/12	
Fecha ensayo:	2021/01/14	
Edad:	33 días	
Laboratorista:	Kevin Carrasco, Isaac Marin	
Diámetro:	150	mm
Longitud:	300	mm
Resistencia máx:	36.5	MPa
Carga 40 %:	258.0	Kn
Resistencia (f'c) 40	14.6	MPa

Esfuerzo MPa	Deformación Unitaria Longitudinal	Deformación Unitaria Transversal
1.4	0.00005	0.00001
2.3	0.00008	0.00001
4.5	0.00017	0.00004
6.8	0.00025	0.00005
9.1	0.00034	0.00009
11.3	0.00042	0.00011
13.6	0.00052	0.00014
14.6	0.00057	0.00015



Donde:
 E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi),
 S_2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)
 S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésimas, en MPa (psi)
 ϵ_2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)
 μ = relación de Poisson
 ϵ_{t2} = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S_2 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)
 ϵ_{t1} = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = \frac{14.6 - 1.4}{0.00057 - 0.00005} = 25499 \text{ MPa}$$

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = \frac{14.6 - 1.4}{0.00057 - 0.00005} = 25 \text{ GPa}$$

$$\mu = 0.27$$

$$E = 25499 \text{ Mpa}$$

$$E = 25 \text{ GPa}$$

Nota: Ensayos Realizados únicamente con fines de uso académico.



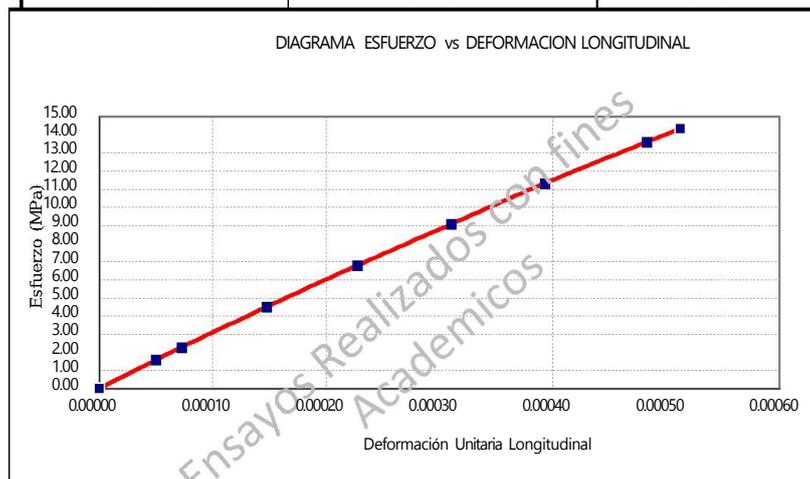
CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM

Av. Barcelona Y Calle José Rodríguez Bonín, Telf.:3709000, Guayaquil

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESIÓN. ASTM C 469

Proyecto	CONCRETO CONFIBRA DE ALUMINIO	
Diseño	Cemento HE 0,20% F.A.	
Fecha moldeo:	2020/12/13	
Fecha ensayo:	2021/01/14	
Edad:	32 días	
Laboratorista:	Kevin Carrasco, Isaac Marin	
Diámetro:	150	mm
Longitud:	300	mm
Resistencia máx:	35.8	MPa
Carga 40 % :	253.1	Kn
Resistencia (f _c) 40	14.3	MPa

Esfuerzo MPa	Deformación Unitaria Longitudinal	Deformación Unitaria Transversal
1.6	0.00005	0.00000
2.3	0.00007	0.00001
4.5	0.00015	0.00003
6.8	0.00023	0.00006
9.1	0.00031	0.00009
11.3	0.00039	0.00012
13.6	0.00048	0.00014
14.3	0.00051	0.00015



Donde:
 E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi).
 S₂ = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)
 S₁ = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ε₁, de 50 millonésimas, en MPa (psi)
 ε₂ = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S₂ en millonésimas: μm (μpulg.)
 μ = relación de Poisson
 ε₂ = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S₂ en millonésimas: μm (μpulg.)
 ε₁ = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S₁ en millonésimas: μm (μpulg.)

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$$\mu = 0.32$$

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

$$\begin{aligned} E &= 27536 \text{ Mpa} \\ E &= 28 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Nota: Ensayos Realizados únicamente con fines de uso académico.



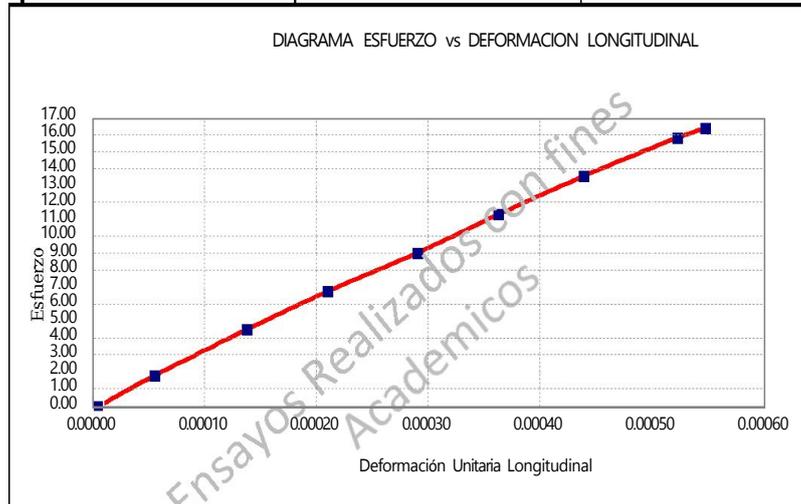
CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM

Av. Barcelona Y Calle José Rodríguez Bonín, Telf.:3709000, Guayaquil

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESIÓN. ASTM C 469

Proyecto	CONCRETO CON FIBRA DE ALUMINIO	
Diseño	Cemento HE 0,25% F.A.	
Fecha moldeo:	2020/12/10	
Fecha ensayo:	2021/01/14	
Edad:	35 días	
Laboratorista:	Kevin Carrasco, Isaac Marin	
Diámetro:	150	mm
Longitud:	300	mm
Resistencia máx:	41.0	MPa
Carga 40 % :	289.8	Kn
Resistencia (fc) 40	16.4	MPa

Esfuerzo MPa	Deformación Unitaria Longitudinal	Deformación Unitaria Transversal
1.8	0.00005	0.00001
4.5	0.00013	0.00003
6.8	0.00021	0.00004
9.1	0.00029	0.00006
11.3	0.00036	0.00009
13.6	0.00043	0.00010
15.8	0.00052	0.00013
16.4	0.00054	0.00013



Donde:
 E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi).
 S_2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)
 S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésimas, en MPa (psi)
 ϵ_2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)
 μ = relación de Poisson
 ϵ_{t2} = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S_2 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)
 ϵ_{t1} = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$$

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$$

$$\mu = 0.26$$

$$E = 29621 \text{ Mpa}$$

$$E = 30 \text{ GPa}$$

Nota: Ensayos Realizados únicamente con fines de uso académico.

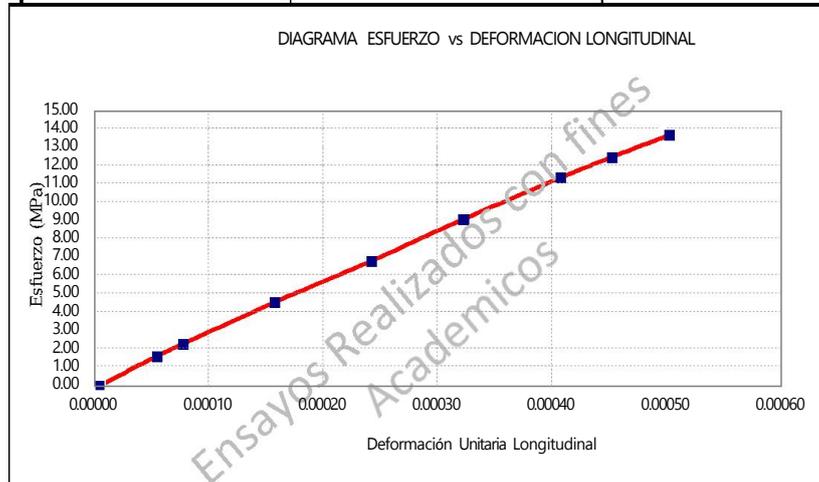
CENTRO DE INNOVACIÓN HOLCIM

Av. Barcelona Y Calle José Rodríguez Bonín, Telf.:3709000, Guayaquil

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO A COMPRESIÓN. ASTM C 469

Proyecto	CONCRETO CON FIBRA DE ALUMINIO	
Diseño	Cemento HE 0,30% F.A.	
Fecha moldeo:	2020/12/12	
Fecha ensayo:	2021/01/14	
Edad:	33 días	
Laboratorista:	Kevin Carrasco, Isaac Marín	
Diámetro:	150	mm
Longitud:	300	mm
Resistencia máx:	34.1	MPa
Carga 40 %:	241.0	Kn
Resistencia (f _c) 40	13.6	MPa

Esfuerzo MPa	Deformación Unitaria Longitudinal	Deformación Unitaria Transversal
1.6	0.00005	0.00001
2.3	0.00007	0.00002
4.5	0.00015	0.00004
6.8	0.00024	0.00006
9.1	0.00032	0.00009
11.3	0.00040	0.00012
12.4	0.00045	0.00013
13.6	0.00050	0.00014



Donde:
 E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi),
 S₂ = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)
 S₁ = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ε₁, de 50 millonésimas, en MPa (psi)
 ε₂ = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S₂ en millonésimas: μm (μpulg.)
 μ = relación de Poisson
 ε₂ = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S₂ en millonésimas: μm (μpulg.)
 ε₁ = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S₁ en millonésimas: μm (μpulg.)

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$$

$$\mu = 0.31$$

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$$

$$\begin{matrix} E & = & 26903 & \text{Mpa} \\ E & = & 27 & \text{GPa} \end{matrix}$$

Nota: Ensayos Realizados únicamente con fines de uso académico.



Anexo 42. Esclerometría de cilindros GU con diseño patrón

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN													
REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805															
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"														
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N						
CONTIENE	0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)								
N° DE CILINDRO					1										
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación				
3107		01/05/2021 10:04 AM	155 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	38 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00				
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» 39.5 37.0 34.5 41.0 38.5 53.5 38.5 38.0 40.0 37.5	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 155 kg/cm ² (39.8 Q) Desviación típica s = 38 kg/cm ² (5.1 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]										
					N° DE CILINDRO					2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación				
3067		12/31/2020 6:18 PM	140 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	23 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00				
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» 41.5 43.5 35.5 40.0 34.0 40.5 35.0 36.0 36.5 36.5	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 140 kg/cm ² (37.9 Q) Desviación típica s = 23 kg/cm ² (3.2 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]										
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		ENSAYO 1	155	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			147,5	kg/cm ²						
		ENSAYO 2	140	kg/cm ²											
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR									
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA									

Anexo 43. Esclerometría de cilindros GU con adición de 0.20% de fibra de aluminio

 SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE		0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO				TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)				
N° DE CILINDRO						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3127		01/05/2021 10:07 AM	200 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	48 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición] 			Valores «Q» 42.5 48.0 45.5 56.0 43.5 43.0 48.0 41.5 42.5 43.5	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 200 kg/cm ² (45.4 Q) Desviación típica s = 48 kg/cm ² (4.4 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N	Comentario [Añadir]					
N° DE CILINDRO						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3117		01/05/2021 10:06 AM	195 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	33 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición] 			Valores «Q» 54.5 43.5 45.0 46.0 44.0 43.5 44.0 41.5 42.0 44.5	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 195 kg/cm ² (44.8 Q) Desviación típica s = 33 kg/cm ² (3.6 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N	Comentario [Añadir]					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			ENSAYO 1	200	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			197,5	kg/cm ²	
			ENSAYO 2	195	kg/cm ²						
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 44. Esclerometría de cilindros GU con adición de 0.25% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805									
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE		0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO				TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)				
N° DE CILINDRO					1						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3147		01/05/2021 10:09 AM	265 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	140 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (83%)	1.00
			Valores «Q» 43.0 66.5 69.0 45.0 41.5 44.0 45.0 44.0 45.0 63.0								
			Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 265 kg/cm ² (50.6 Q) Desviación típica s = 140 kg/cm ² (10.9 Q)								
			Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (83%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N								
			Comentario [Añadir]								
N° DE CILINDRO					2						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3137		01/05/2021 10:08 AM	235 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	138 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00
			Valores «Q» 65.0 71.0 49.0 52.0 37.0 41.0 48.0 49.5 39.5 36.5								
			Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 235 kg/cm ² (48.8 Q) Desviación típica s = 138 kg/cm ² (11.6 Q)								
			Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N								
			Comentario [Añadir]								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		ENSAYO 1	265	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			250	kg/cm ²		
		ENSAYO 2	235	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 45. Esclerometría de cilindros GU con adición de 0.30% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN									
REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"										
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE	0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)				
N° DE CILINDRO					1						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3168		01/05/2021 10:11 AM	145 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	13 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q»								
			Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 145 kg/cm ² (38.9 Q) Desviación típica s = 13 kg/cm ² (1.6 Q)								
			Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
N° DE CILINDRO					2						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3157		01/05/2021 10:10 AM	165 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	33 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q»								
			Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 165 kg/cm ² (41.4 Q) Desviación típica s = 33 kg/cm ² (3.9 Q)								
			Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		ENSAYO 1	145	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			155	kg/cm2		
		ENSAYO 2	165	kg/cm2							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR						
		ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA						

Anexo 46. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.00% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN									
REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE		0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO				TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)				
N° DE CILINDRO					1						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3277		01/10/2021 11:58 AM	315 kg/cm ²	0	0	0	10/10	128 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (81%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» Estadísticas 50.0 Mediciones N = 10 50.5 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) 50.5 Valor medio f = 315 kg/cm ² (54.6 Q) 54.5 Desviación típica s = 128 kg/cm ² (8.0 Q) 75.5 56.5 Configuración 51.0 Modo promedio Valor medio 50.0 Curva de conversión 10-percentile curve 49.0 Factor de forma Cilindro (81%) 58.5 factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
											
N° DE VIGA					2						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3267		01/10/2021 11:52 AM	325 kg/cm ²	0	0	0	10/10	130 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (81%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» Estadísticas 51.5 Mediciones N = 10 48.5 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) 51.0 Valor medio f = 325 kg/cm ² (55.2 Q) 64.5 Desviación típica s = 130 kg/cm ² (8.0 Q) 54.5 Configuración 45.0 Modo promedio Valor medio 72.5 Curva de conversión 10-percentile curve 54.0 Factor de forma Cilindro (81%) 56.0 factor de carbonatación 1.00 54.5 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		ENSAYO 1	315	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			320	kg/cm ²		
		ENSAYO 2	325	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR						
		ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA						

Anexo 47. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.20% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805									
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE	0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)				
N° DE CILINDRO						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3287		01/10/2021 12:03 PM	280 kg/cm ²	0	0	0	10/10	78 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (83%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» Estadísticas 62.5 Mediciones N = 10 44.0 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) 52.5 Valor medio f = 280 kg/cm ² (51.8 Q) 54.0 Desviación típica s = 78 kg/cm ² (5.6 Q) 58.0 46.5 Configuración 49.5 Modo promedio Valor medio 46.0 Curva de conversión 10-percentile curve 52.0 Factor de forma Cilindro (83%) 52.5 factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
											
N° DE CILINDRO						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3297		01/10/2021 12:08 PM	210 kg/cm ²	0	0	0	10/10	75 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» Estadísticas 47.0 Mediciones N = 10 51.5 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) 30.5 Valor medio f = 210 kg/cm ² (46.3 Q) 45.0 Desviación típica s = 75 kg/cm ² (6.8 Q) 44.0 Configuración 46.0 Modo promedio Valor medio 45.0 Curva de conversión 10-percentile curve 57.5 Factor de forma Cilindro (80%) 49.5 factor de carbonatación 1.00 46.5 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		ENSAYO 1	280	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			245	kg/cm ²		
		ENSAYO 2	210	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 48. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.25% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805																																																			
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"																																																			
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N																																												
CONTIENE		0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO				TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)																																														
N° DE CILINDRO					1																																																
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación																																										
3317		01/10/2021 12:17 PM	260 kg/cm ²	0	0	8/8	63 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (83%)	1.00																																											
			<table border="0"> <tr> <td>Valores «Q»</td> <td>Estadísticas</td> </tr> <tr> <td>45.5</td> <td>Mediciones N = 8</td> </tr> <tr> <td>51.0</td> <td>Mediciones no válidas Ni = 0 (0%)</td> </tr> <tr> <td>54.0</td> <td>Valor medio f = 260 kg/cm² (50.0 Q)</td> </tr> <tr> <td>48.5</td> <td>Desviación típica s = 63 kg/cm² (5.1 Q)</td> </tr> <tr> <td>59.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>51.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>46.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>44.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Configuración</td> </tr> <tr> <td>Modo promedio</td> <td>Valor medio</td> </tr> <tr> <td>Curva de conversión</td> <td>10-percentile curve</td> </tr> <tr> <td>Factor de forma</td> <td>Cilindro (83%)</td> </tr> <tr> <td>factor de carbonatación</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Unidad</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Número de serie</td> <td>SH01-007-0702</td> </tr> <tr> <td>Tipo de resorte</td> <td>SilverSchmidt N</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Comentario</td> </tr> <tr> <td colspan="2">[Añadir]</td> </tr> </table>									Valores «Q»	Estadísticas	45.5	Mediciones N = 8	51.0	Mediciones no válidas Ni = 0 (0%)	54.0	Valor medio f = 260 kg/cm ² (50.0 Q)	48.5	Desviación típica s = 63 kg/cm ² (5.1 Q)	59.5		51.0		46.5		44.0		Configuración		Modo promedio	Valor medio	Curva de conversión	10-percentile curve	Factor de forma	Cilindro (83%)	factor de carbonatación	1.00	Unidad	kg/cm ²	Número de serie	SH01-007-0702	Tipo de resorte	SilverSchmidt N	Comentario		[Añadir]					
Valores «Q»	Estadísticas																																																				
45.5	Mediciones N = 8																																																				
51.0	Mediciones no válidas Ni = 0 (0%)																																																				
54.0	Valor medio f = 260 kg/cm ² (50.0 Q)																																																				
48.5	Desviación típica s = 63 kg/cm ² (5.1 Q)																																																				
59.5																																																					
51.0																																																					
46.5																																																					
44.0																																																					
Configuración																																																					
Modo promedio	Valor medio																																																				
Curva de conversión	10-percentile curve																																																				
Factor de forma	Cilindro (83%)																																																				
factor de carbonatación	1.00																																																				
Unidad	kg/cm ²																																																				
Número de serie	SH01-007-0702																																																				
Tipo de resorte	SilverSchmidt N																																																				
Comentario																																																					
[Añadir]																																																					
N° DE CILINDRO					2																																																
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación																																										
3307		01/10/2021 12:13 PM	300 kg/cm ²	0	0	10/10	65 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (83%)	1.00																																											
			<table border="0"> <tr> <td>Valores «Q»</td> <td>Estadísticas</td> </tr> <tr> <td>54.0</td> <td>Mediciones N = 10</td> </tr> <tr> <td>49.0</td> <td>Mediciones no válidas Ni = 0 (0%)</td> </tr> <tr> <td>50.5</td> <td>Valor medio f = 300 kg/cm² (53.1 Q)</td> </tr> <tr> <td>55.0</td> <td>Desviación típica s = 65 kg/cm² (4.5 Q)</td> </tr> <tr> <td>49.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>62.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>48.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>58.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>54.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>51.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Configuración</td> </tr> <tr> <td>Modo promedio</td> <td>Valor medio</td> </tr> <tr> <td>Curva de conversión</td> <td>10-percentile curve</td> </tr> <tr> <td>Factor de forma</td> <td>Cilindro (83%)</td> </tr> <tr> <td>factor de carbonatación</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Unidad</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Número de serie</td> <td>SH01-007-0702</td> </tr> <tr> <td>Tipo de resorte</td> <td>SilverSchmidt N</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Comentario</td> </tr> <tr> <td colspan="2">[Añadir]</td> </tr> </table>									Valores «Q»	Estadísticas	54.0	Mediciones N = 10	49.0	Mediciones no válidas Ni = 0 (0%)	50.5	Valor medio f = 300 kg/cm ² (53.1 Q)	55.0	Desviación típica s = 65 kg/cm ² (4.5 Q)	49.0		62.0		48.0		58.0		54.5		51.0		Configuración		Modo promedio	Valor medio	Curva de conversión	10-percentile curve	Factor de forma	Cilindro (83%)	factor de carbonatación	1.00	Unidad	kg/cm ²	Número de serie	SH01-007-0702	Tipo de resorte	SilverSchmidt N	Comentario		[Añadir]	
Valores «Q»	Estadísticas																																																				
54.0	Mediciones N = 10																																																				
49.0	Mediciones no válidas Ni = 0 (0%)																																																				
50.5	Valor medio f = 300 kg/cm ² (53.1 Q)																																																				
55.0	Desviación típica s = 65 kg/cm ² (4.5 Q)																																																				
49.0																																																					
62.0																																																					
48.0																																																					
58.0																																																					
54.5																																																					
51.0																																																					
Configuración																																																					
Modo promedio	Valor medio																																																				
Curva de conversión	10-percentile curve																																																				
Factor de forma	Cilindro (83%)																																																				
factor de carbonatación	1.00																																																				
Unidad	kg/cm ²																																																				
Número de serie	SH01-007-0702																																																				
Tipo de resorte	SilverSchmidt N																																																				
Comentario																																																					
[Añadir]																																																					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		ENSAYO 1	260	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			280	kg/cm ²																																												
		ENSAYO 2	300	kg/cm ²																																																	
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR																																																
		ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA																																																

Anexo 49. Esclerometría de cilindros HE con adición de 0.30% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN									
REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE		0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO				TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)				
N° DE CILINDRO						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Dev. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3333		01/10/2021 12:28 PM	230 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	50 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (80%)	1.00
			Valores «Q» 46.5 49.0 47.0 55.0 47.0 56.0 46.0 44.0 47.0 45.0	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 230 kg/cm ² (48.3 Q) Desviación típica s = 50 kg/cm ² (4.1 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (80%) Factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]						
N° DE CILINDRO						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Dev. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3325		01/10/2021 12:22 PM	270 kg/cm ²	Valor medio	0	0	8/8	63 kg/cm ²	10-percentile curve	Cilindro (83%)	1.00
			Valores «Q» 50.5 55.0 61.0 48.0 47.5 49.0 48.5 47.0	Estadísticas Mediciones N = 8 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 270 kg/cm ² (50.8 Q) Desviación típica s = 63 kg/cm ² (4.8 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cilindro (83%) Factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]						
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			ENSAYO 1	230	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			250	kg/cm ²	
			ENSAYO 2	270	kg/cm ²						
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 50. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.00% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805									
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE		0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO		USO GENERAL (GU)		
N° DE VIGA					1						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3097		12/31/2020 6:36 PM	190 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	20 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
			Valores «Q» 39.0 40.5 40.5 36.5 37.0 41.5 43.0 42.0 37.0 38.0	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 190 kg/cm ² (39.5 Q) Desviación típica s = 20 kg/cm ² (2.3 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma 100% factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]						
N° DE VIGA					2						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3178		01/05/2021 10:22 AM	230 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	43 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
			Valores «Q» 41.5 40.0 47.0 40.5 41.5 44.0 42.5 51.5 47.0 41.0	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 230 kg/cm ² (43.7 Q) Desviación típica s = 43 kg/cm ² (3.7 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma 100% factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]						
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	190	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		210	kg/cm ²			
		ENSAYO 2	230	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

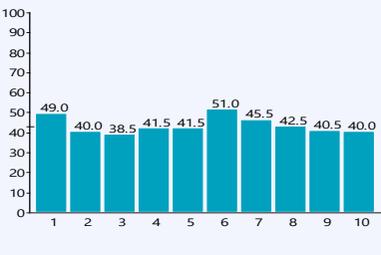
Anexo 51. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.20% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805									
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE	0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)				
N° DE VIGA						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3198		01/05/2021 10:25 AM	220 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	20 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q»	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 220 kg/cm ² (42.7 Q) Desviación típica s = 20 kg/cm ² (1.9 Q)							
			43.5 45.0 40.5 39.5 45.0 44.5 41.5 42.0 43.5 42.0	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma 100% factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]							
N° DE VIGA						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3188		01/05/2021 10:23 AM	220 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	33 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q»	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 220 kg/cm ² (42.9 Q) Desviación típica s = 33 kg/cm ² (2.9 Q)							
			44.0 38.0 41.0 39.5 47.5 41.5 45.5 45.5 43.0 43.5	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma 100% factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]							
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	220	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		220	kg/cm ²			
		ENSAYO 2	220	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 52. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.25% de fibra de aluminio

 SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE	0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)				
N° DE VIGA						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3198		01/05/2021 10:25 AM	220 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	20 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» 43.5 45.0 40.5 39.5 45.0 44.5 41.5 42.0 43.5 42.0			Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 220 kg/cm ² (42.7 Q) Desviación típica s = 20 kg/cm ² (1.9 Q)					
						Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma 100% factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]					
N° DE VIGA						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3188		01/05/2021 10:23 AM	220 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	33 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» 44.0 38.0 41.0 39.5 47.5 41.5 45.5 45.5 43.0 43.5			Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 220 kg/cm ² (42.9 Q) Desviación típica s = 33 kg/cm ² (2.9 Q)					
						Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma 100% factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]					
RESISTENCIA A LA COMPRESION			ENSAYO 1	220	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO			220	kg/cm ²	
			ENSAYO 2	220	kg/cm ²						
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

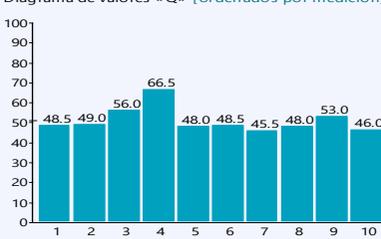
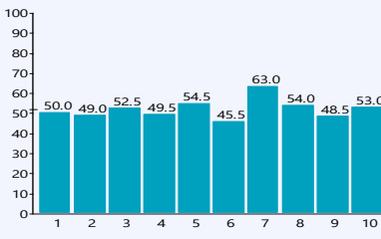
Anexo 53. Esclerometría de vigas con cemento GU con adición de 0.30% de fibra de aluminio

 SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DÍAS	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE	0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)				
N° DE VIGA						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3228		01/05/2021 10:28 AM	195 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	23 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
 <p>Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]</p>			<p>Valores «Q»</p> <p>Estadísticas</p> <p>N = 10</p> <p>Mediciones Ni = 0 (0%)</p> <p>Mediciones no válidas</p> <p>Valor medio f = 195 kg/cm² (40.3 Q)</p> <p>Desviación típica s = 23 kg/cm² (2.5 Q)</p> <p>Configuración</p> <p>Modo promedio Valor medio</p> <p>Curva de conversión 10-percentile curve</p> <p>Factor de forma 100%</p> <p>factor de carbonatación 1.00</p> <p>Unidad kg/cm²</p> <p>Número de serie SH01-007-0702</p> <p>Tipo de resorte SilverSchmidt N</p> <p>Comentario</p> <p>[Añadir]</p>								
N° DE VIGA						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3238		01/05/2021 10:29 AM	225 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	45 kg/cm ²	10-percentile curve	100%	1.00
 <p>Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]</p>			<p>Valores «Q»</p> <p>Estadísticas</p> <p>N = 10</p> <p>Mediciones Ni = 0 (0%)</p> <p>Mediciones no válidas</p> <p>Valor medio f = 225 kg/cm² (43.0 Q)</p> <p>Desviación típica s = 45 kg/cm² (4.2 Q)</p> <p>Configuración</p> <p>Modo promedio Valor medio</p> <p>Curva de conversión 10-percentile curve</p> <p>Factor de forma 100%</p> <p>factor de carbonatación 1.00</p> <p>Unidad kg/cm²</p> <p>Número de serie SH01-007-0702</p> <p>Tipo de resorte SilverSchmidt N</p> <p>Comentario</p> <p>[Añadir]</p>								
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	195	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		210	kg/cm ²			
		ENSAYO 2	225	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 54. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.00% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805										
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"										
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N			
CONTIENE		0,00% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)				
N° DE VIGA						1						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación	
3544		01/10/2021 4:13 PM	385 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	115 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00	
			Valores «Q» 62.0 39.0 54.5 53.0 59.5 52.5 54.0 58.5 55.5 54.5	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 385 kg/cm ² (54.3 Q) Desviación típica s = 115 kg/cm ² (6.2 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]							
N° DE VIGA						2						
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación	
3534		01/10/2021 4:06 PM	345 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	50 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00	
			Valores «Q» 54.0 48.5 49.5 51.5 52.0 47.0 56.5 52.5 52.0 56.0	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 345 kg/cm ² (52.0 Q) Desviación típica s = 50 kg/cm ² (3.1 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]							
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	335	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		340	kg/cm ²				
		ENSAYO 2	345	kg/cm ²								
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR						
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA						

Anexo 55. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.20% de fibra de aluminio

 SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE		0,20% DE FIBRA DE ALUMINIO				TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)				
N° DE VIGA						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3524		01/10/2021 4:01 PM	325 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	100 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 325 kg/cm ² (50.9 Q) Desviación típica s = 100 kg/cm ² (6.3 Q)								
			Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
N° DE VIGA						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3504		01/10/2021 3:53 PM	345 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	80 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00
Diagrama de valores «Q» [ordenados por medición]			Valores «Q» Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 345 kg/cm ² (52.0 Q) Desviación típica s = 80 kg/cm ² (4.8 Q)								
			Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	325	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		335	kg/cm ²			
		ENSAYO 2	345	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 56. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.25% de fibra de aluminio

		SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"											
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DIAS	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N				
CONTIENE		0,25% DE FIBRA DE ALUMINIO					TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)					
N° DE VIGA						1							
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación		
3494		01/10/2021 3:28 PM	370 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	100 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00		
			Valores «Q» 66.0 52.0 52.5 50.0 54.0 52.5 53.0 44.5 58.5	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 370 kg/cm ² (53.5 Q) Desviación típica s = 100 kg/cm ² (5.6 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
N° DE VIGA						2							
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. tip.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación		
3484		01/10/2021 3:14 PM	325 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	98 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00		
			Valores «Q» 55.0 44.0 46.5 48.0 42.0 60.0 55.5 58.0 51.5 48.0	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 325 kg/cm ² (50.8 Q) Desviación típica s = 98 kg/cm ² (6.1 Q)	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]								
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	370	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO			347,5	kg/cm ²				
		ENSAYO 2	325	kg/cm ²									
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR							
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA							

Anexo 57. Esclerometría de vigas con cemento HE con adición de 0.30% de fibra de aluminio

 SILVER SCHMIDT - ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL NÚMERO DE REBOTE DEL HORMIGÓN REBOTE DEL HORMIGÓN - NORMA ASTM C- 805											
TEMA		"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	VIGA	EDAD	28 DÍAS	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	SILVER SCHMIDT N		
CONTIENE		0,30% DE FIBRA DE ALUMINIO				TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)				
N° DE VIGA						1					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3464		01/10/2021 3:01 PM	320 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	75 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00
			Valores «Q»	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 320 kg/cm ² (50.5 Q) Desviación típica s = 75 kg/cm ² (4.8 Q)							
			50.5	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]							
N° DE VIGA						2					
Contador de impactos	Nombre	Fecha y hora	Valor medio	Modo promedio	valores aberrantes superiores	valores aberrantes inferiores	Válido / Total	Desv. típ.	Curva de conv.	Factor de forma	factor de carbonatación
3484		01/10/2021 3:14 PM	325 kg/cm ²	Valor medio	0	0	10/10	98 kg/cm ²	10-percentile curve	Cubo 150mm (100%)	1.00
			Valores «Q»	Estadísticas Mediciones N = 10 Mediciones no válidas Ni = 0 (0%) Valor medio f = 325 kg/cm ² (50.8 Q) Desviación típica s = 98 kg/cm ² (6.1 Q)							
			48.0	Configuración Modo promedio Valor medio Curva de conversión 10-percentile curve Factor de forma Cubo 150mm (100%) factor de carbonatación 1.00 Unidad kg/cm ² Número de serie SH01-007-0702 Tipo de resorte SilverSchmidt N Comentario [Añadir]							
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	320	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		322,5	kg/cm ²			
		ENSAYO 2	325	kg/cm ²							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 58. Resultados Esclerometría de cilindros y viga con cemento GU

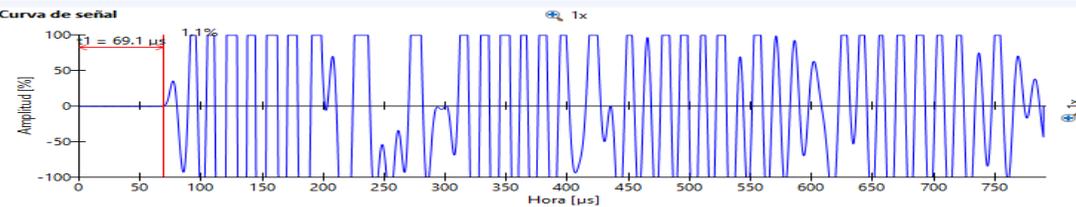
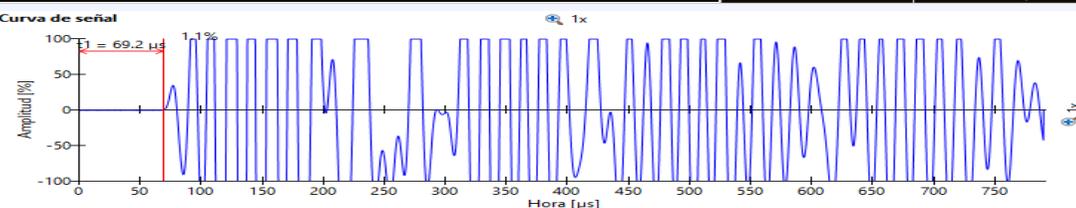
		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL															
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA															
RESULTADOS																	
TIPO DE ELEMENTO	Cilindro	TIPO DE CEMENTO	Uso General "GU"	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020										
ENSAYO ESTANDAR PARA EL NUMERO DE REBOTE DEL HORMIGON																	
ADICIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION		<table border="1"> <caption>RESISTENCIA POR ESCLEROMETRIA (Cilindros)</caption> <thead> <tr> <th>% Adición de Fibras de Aluminio</th> <th>Resistencia (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00 %</td> <td>147,50</td> </tr> <tr> <td>0,20 %</td> <td>197,50</td> </tr> <tr> <td>0,25 %</td> <td>250,00</td> </tr> <tr> <td>0,30 %</td> <td>155,00</td> </tr> </tbody> </table>				% Adición de Fibras de Aluminio	Resistencia (kg/cm ²)	0,00 %	147,50	0,20 %	197,50	0,25 %	250,00	0,30 %	155,00
% Adición de Fibras de Aluminio	Resistencia (kg/cm ²)																
0,00 %	147,50																
0,20 %	197,50																
0,25 %	250,00																
0,30 %	155,00																
VIGA 0,00% F.A	1 2	147,50 kg/cm2															
VIGA 0,20% F.A	1 2	197,50 kg/cm2															
PATRON 0,25% F.A	1 2	250,00 kg/cm2															
PATRON 0,30% F.A	1 2	155,00 kg/cm2															
ENSAYO ESTANDAR PARA EL NUMERO DE REBOTE DEL HORMIGON																	
TIPO DE ELEMENTO	Vigas	TIPO DE CEMENTO	Uso General "GU"	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020										
ENSAYO ESTANDAR PARA EL NUMERO DE REBOTE DEL HORMIGON																	
ADICIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION		<table border="1"> <caption>RESISTENCIA POR ESCLEROMETRIA (Vigas)</caption> <thead> <tr> <th>% Adición de Fibras de Aluminio</th> <th>Resistencia (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00 %</td> <td>210,00</td> </tr> <tr> <td>0,20 %</td> <td>220,00</td> </tr> <tr> <td>0,25 %</td> <td>232,50</td> </tr> <tr> <td>0,30 %</td> <td>210,00</td> </tr> </tbody> </table>				% Adición de Fibras de Aluminio	Resistencia (kg/cm ²)	0,00 %	210,00	0,20 %	220,00	0,25 %	232,50	0,30 %	210,00
% Adición de Fibras de Aluminio	Resistencia (kg/cm ²)																
0,00 %	210,00																
0,20 %	220,00																
0,25 %	232,50																
0,30 %	210,00																
VIGA 0,00% F.A	1 2	210,00 kg/cm2															
VIGA 0,20% F.A	1 2	220,00 kg/cm2															
PATRON 0,25% F.A	1 2	232,50 kg/cm2															
PATRON 0,30% F.A	1 2	210,00 kg/cm2															
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR		ELABORADO POR													
		ING. LUCRECIA MORENO. Mg		YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA													

Anexo 59. Resultados Esclerometría de cilindros y viga con Cemento HE

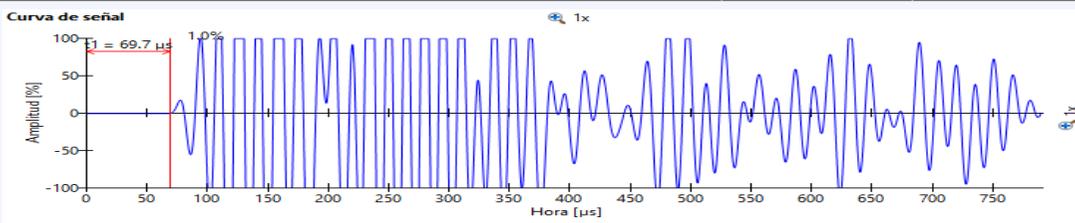
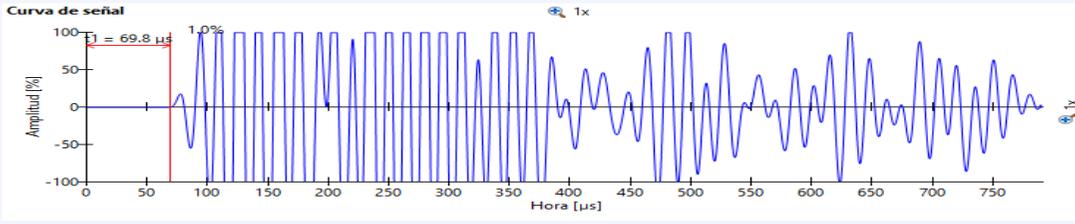
		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA					
RESULTADOS							
TIPO DE ELEMENTO	Cilindro	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANA (HE)	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020
ENSAYO ESTANDAR PARA EL NUMERO DE REBOTE DEL HORMIGON							
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION		<p style="text-align: center;">RESISTENCIA POR ESCLEROMETRIA</p>			
VIGA 0,00% F.A	1 2	320,00 kg/cm2					
VIGA 0,20% F.A	1 2	245,00 kg/cm2					
PATRON 0,25% F.A	1 2	280,00 kg/cm2					
PATRON 0,30% F.A	1 2	250,00 kg/cm2					
TIPO DE ELEMENTO	Vigas	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANA (HE)	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020
ENSAYO ESTANDAR PARA EL NUMERO DE REBOTE DEL HORMIGON							
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION		<p style="text-align: center;">RESISTENCIA POR ESCLEROMETRIA</p>			
VIGA 0,00% F.A	1 2	340,00 kg/cm2					
VIGA 0,20% F.A	1 2	335,00 kg/cm2					
PATRON 0,25% F.A	1 2	347,50 kg/cm2					
PATRON 0,30% F.A	1 2	322,50 kg/cm2					
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR		ELABORADO POR			
		ING. LUCRECIA MORENO. Mg		YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA			

Anexo 60. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,00% de fibra de aluminio.

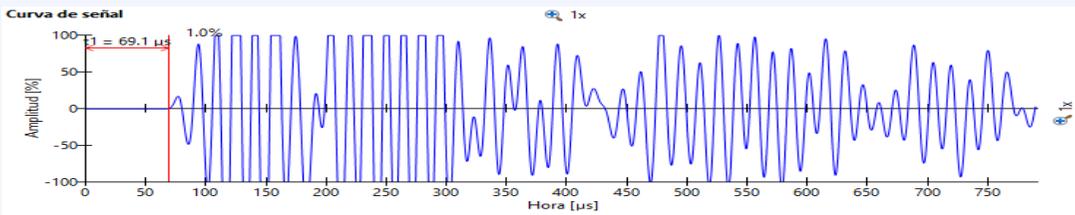
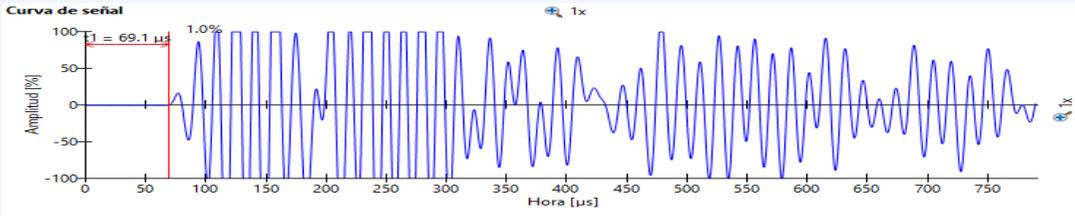
Velocidad de pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO									
CILINDRO1 ; ENSAYO 1		12/30/2020 6:15 PM	Velocidad de pulso	4327 m/s	0.299 m	4327 m/s	69.1 μs	1.00	
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.4 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 50x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
			Comentario [Añadir]						
CILINDRO1 ; ENSAYO 2		12/30/2020 6:15 PM	Velocidad de pulso	4321 m/s	0.299 m	4321 m/s	69.2 μs	1.00	
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.4 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 50x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
			Comentario [Añadir]						
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4321	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4324	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4327	m/s						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR		ELABORADO POR					
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg		YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

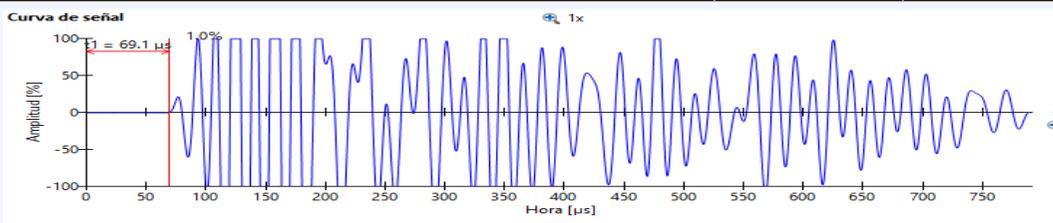
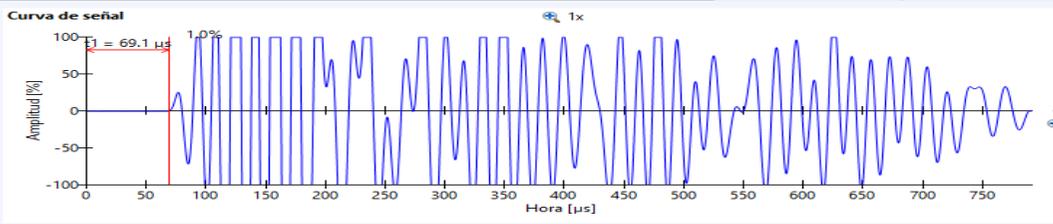
Velocidad de pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO								
		NORMA ASTM C-597								
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	PUNDIT			
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2			
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO										
CILINDRO2 ; ENSAYO 1		01/04/2021 10:32 AM	Velocidad de pulso	4290 m/s	0,299 m	4290 m/s	69,7 μs	1,00		
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1						
		Comentario [Añadir]								
CILINDRO2 ; ENSAYO 2		01/04/2021 10:32 AM	Velocidad de pulso	4284 m/s	0,299 m	4284 m/s	69,8 μs	1,00		
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1						
		Comentario [Añadir]								
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4290	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO		4287	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4284	m/s							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR					
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

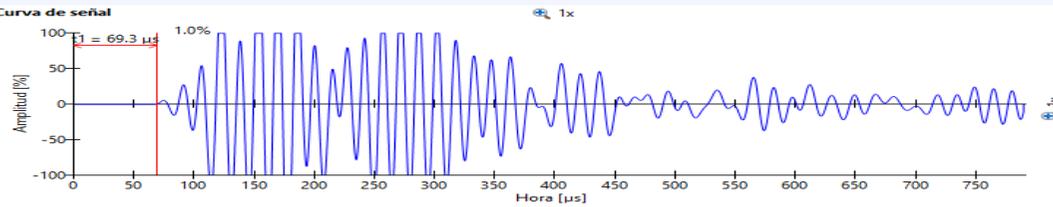
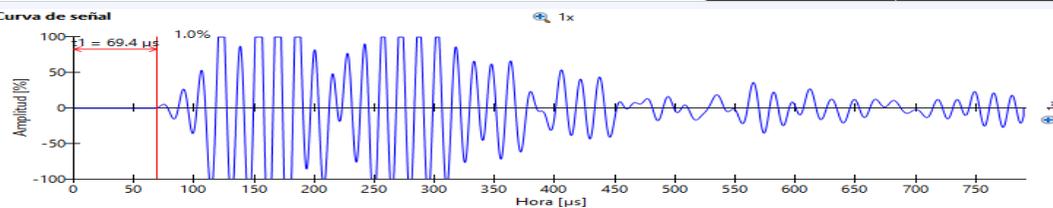
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	Nº CILINDRO	CILINDRO 1		
CILINDRO1 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:34 AM	Resistencia compr.	308 Kg/cm ²	0,299 m	--	69.1 μ s	1.00	
				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 39.8 Resistencia a la compresión: 308 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 39.8 Resistencia a la compresión: 308 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	308	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	308	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
ENSAYO 2	308	kg/cm2							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

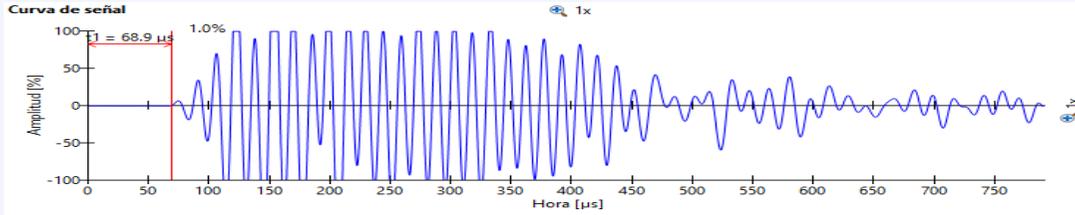
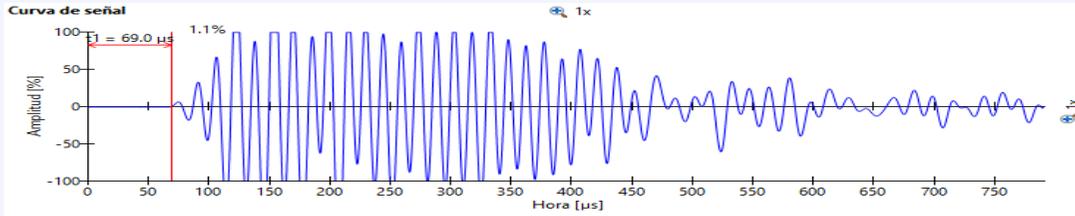
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	30/11/2020	FECHA DE ENSAYO	28/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2		
CILINDRO2 ; ENSAYO 1		12/30/2020 6:17 PM	Resistencia compr.	297 Kg/cm ²	0,299 m	--	69.1 μs	1,00	
Curva de señal				Configuración y resultados		Información del dispositivo			
				Calib. compens. tiempo: -3.4 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 20x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 37.9 Resistencia a la compresión: 297 Kg/cm ²		Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
Comentario [Añadir]									
CILINDRO2 ; ENSAYO 2		12/30/2020 6:17 PM	Resistencia compr.	297 Kg/cm ²	0,299 m	--	69.1 μs	1,00	
Curva de señal				Configuración y resultados		Información del dispositivo			
				Calib. compens. tiempo: -3.4 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 20x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 37.9 Resistencia a la compresión: 297 Kg/cm ²		Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
Comentario [Añadir]									
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	297	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	297	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	297	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Anexo 61. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,20% de fibra de aluminio.

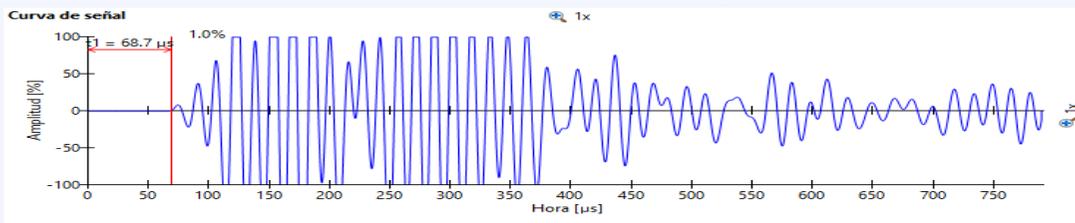
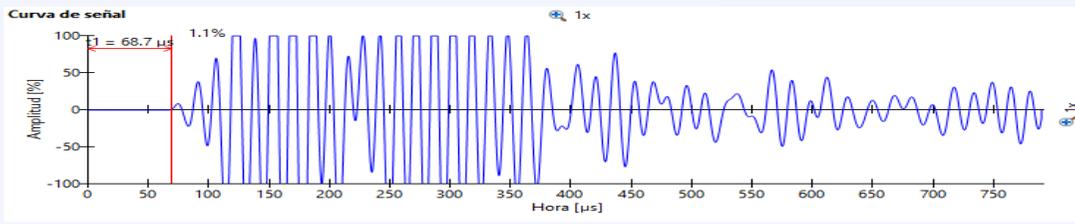
Velocidad de Pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO									
CILINDRO1 ; ENSAYO 1		01/04/2021 10:37 AM	Velocidad de pulso	4329 m/s	0,300 m	4329 m/s	69.3 μs	1.00	
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 2x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]	
CILINDRO2 ; ENSAYO 2		01/04/2021 10:37 AM	Velocidad de pulso	4323 m/s	0,300 m	4323 m/s	69.4 μs	1.00	
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 2x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]	
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4329	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4326	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4323	m/s						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

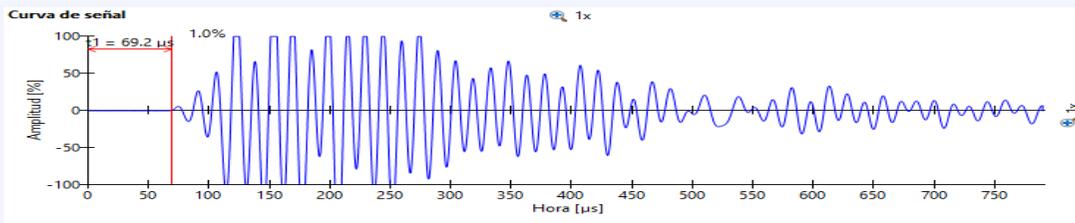
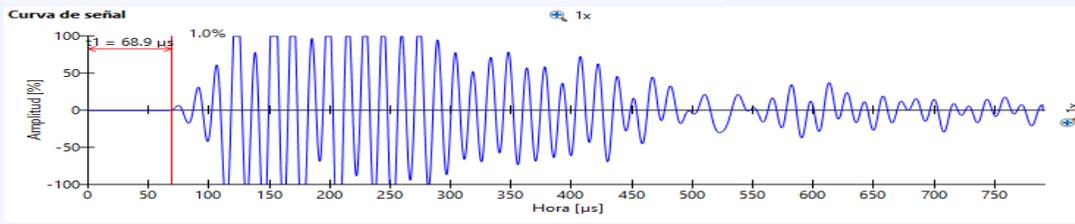
Velocidad de Pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO								
NORMA ASTM C-597										
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT			
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2			
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO										
CILINDRO2 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:41 AM	Velocidad de pulso	4340 m/s	0,299 m	4340 m/s	68.9 µs	1.00		
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]		
CILINDRO2 : ENSAYO 2		01/04/2021 10:41 AM	Velocidad de pulso	4333 m/s	0,299 m	4333 m/s	69.0 µs	1.00		
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]		
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4333	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO		4336,5	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4340	m/s							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR					
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

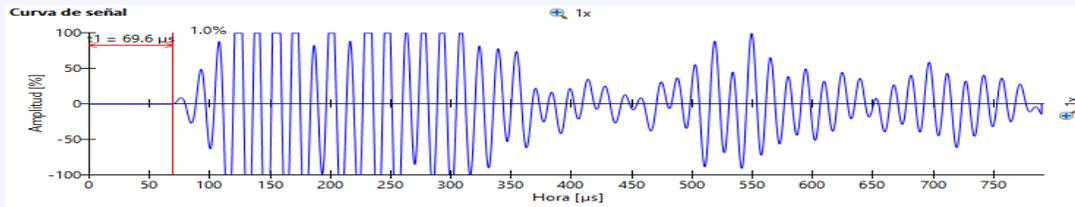
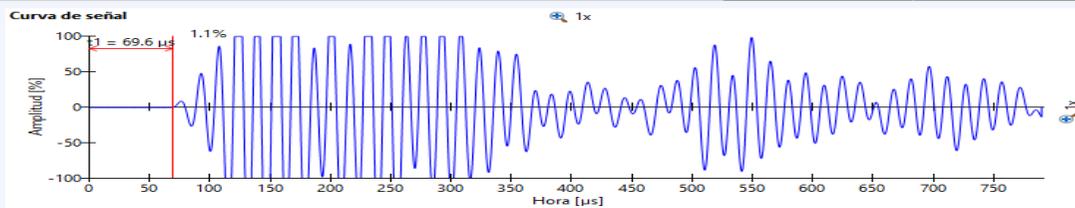
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DÍAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
CILINDRO 1 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:39 AM	Resistencia compr.	344 Kg/cm ²	0,300 m	--	68.7 μs	1.00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 44.8 Resistencia a la compresión: 344 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]			
CILINDRO 1 : ENSAYO 2		01/04/2021 10:39 AM	Resistencia compr.	344 Kg/cm ²	0,300 m	--	68.7 μs	1.00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 44.8 Resistencia a la compresión: 344 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]			
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	344	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	344	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	344	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

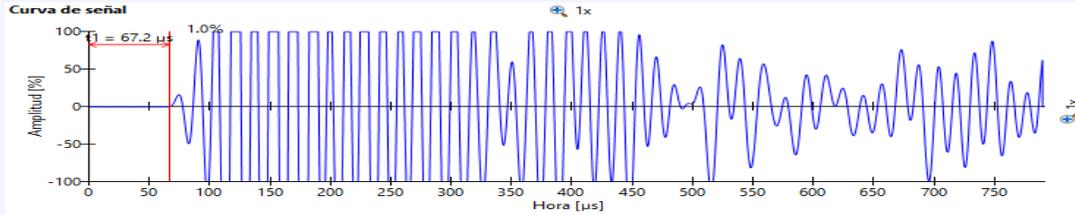
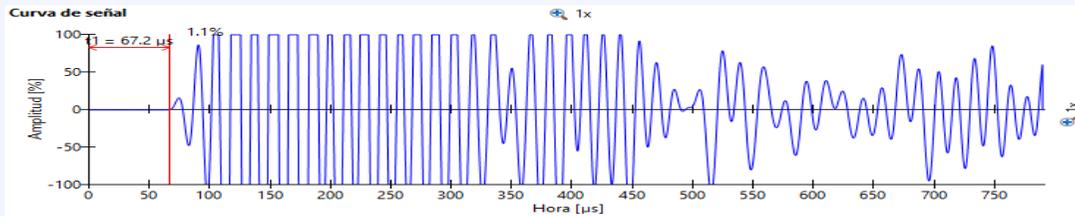
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2		
CILINDRO2 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:42 AM	Resistencia compr.	338 Kg/cm ²	0,299 m	--	69.2 μs	1.00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 45.4 Resistencia a la compresión: 338 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
		Comentario [Añadir]							
CILINDRO2 : ENSAYO 2		01/04/2021 10:42 AM	Resistencia compr.	342 Kg/cm ²	0,299 m	--	68.9 μs	1.00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 45.4 Resistencia a la compresión: 342 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
		Comentario [Añadir]							
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	342	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	340	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	338	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Anexo 62. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,25% de fibra de aluminio.

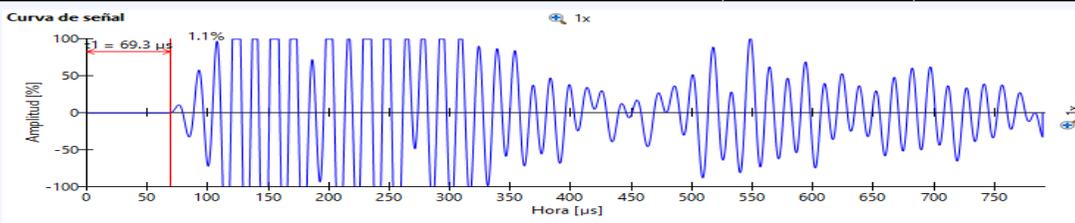
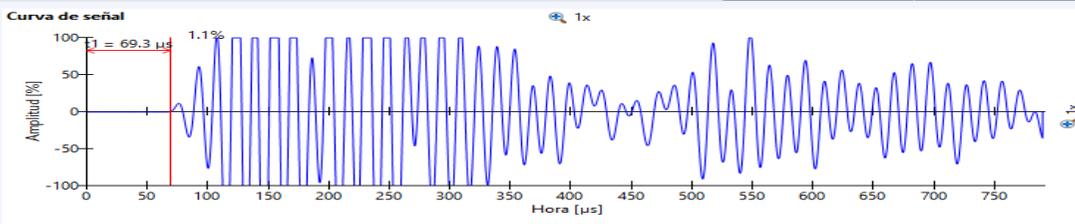
Velocidad de Pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO									
CILINDRO1 ; ENSAYO 1		01/04/2021 10:44 AM	Velocidad de pulso	4310 m/s	0,300 m	4310 m/s	69,6 µs	1,00	
Curva de señal				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
				Comentario [Añadir]					
CILINDRO1 ; ENSAYO 2		01/04/2021 10:44 AM	Velocidad de pulso	4310 m/s	0,300 m	4310 m/s	69,6 µs	1,00	
Curva de señal				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
				Comentario [Añadir]					
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4310	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4310	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4310	m/s						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

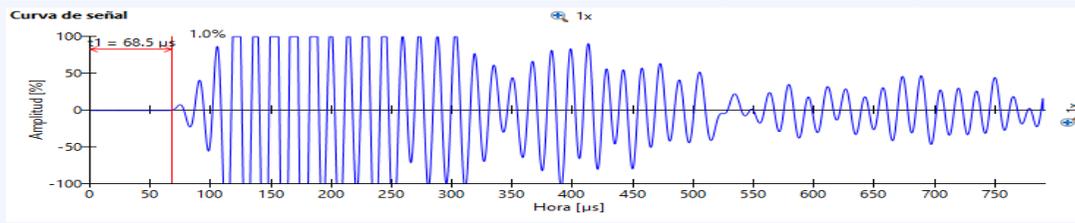
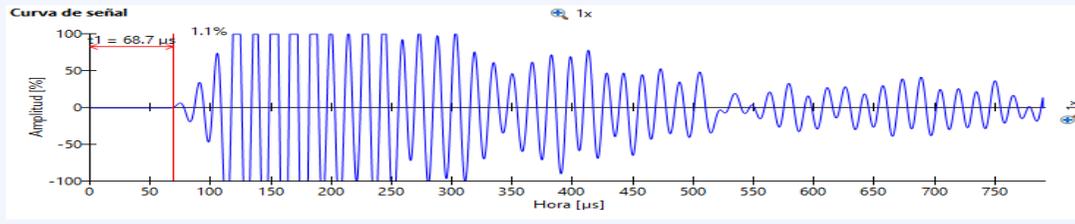
Velocidad de Pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO								
		NORMA ASTM C-597								
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT			
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2			
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO										
CILINDRO2 ; ENSAYO 1		01/04/2021 10:47 AM	Velocidad de pulso	4464 m/s	0.300 m	4464 m/s	67.2 µs	1.00		
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
				Comentario [Añadir]						
CILINDRO2 ; ENSAYO 2		01/04/2021 10:46 AM	Velocidad de pulso	4464 m/s	0.300 m	4464 m/s	67.2 µs	1.00		
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
				Comentario [Añadir]						
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4464	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO		4464	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4464	m/s							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR					
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

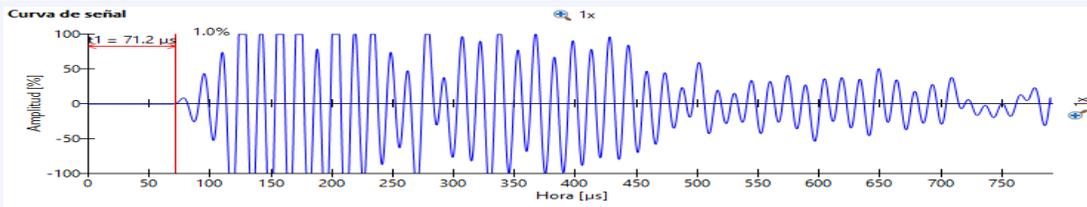
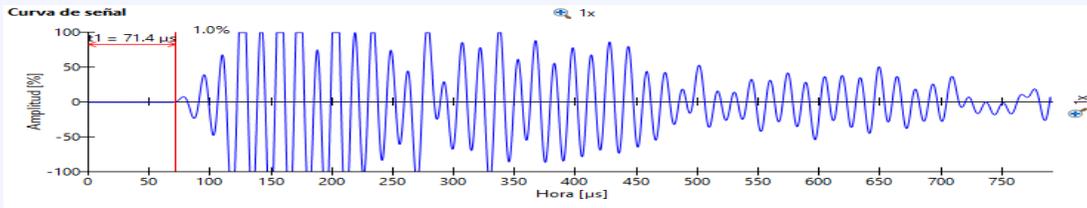
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO									
		NORMA ASTM C-597									
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"										
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA											
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT				
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 1				
CILINDRO1 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:45 AM	Resistencia compr.	358 Kg/cm ²	0,300 m	--	69.3 μs	1.00			
Curva de señal						Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reentace: 48.8 Resistencia a la compresión: 358 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		
			Comentario [Añadir]								
CILINDRO1 : ENSAYO 2		01/04/2021 10:45 AM	Resistencia compr.	358 Kg/cm ²	0,300 m	--	69.3 μs	1.00			
Curva de señal						Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reentace: 48.8 Resistencia a la compresión: 358 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		
			Comentario [Añadir]								
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	358	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	358	kg/cm ²	LONGITUD	53,1	cm		
	ENSAYO 2	358	kg/cm ²								
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR						
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA						

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

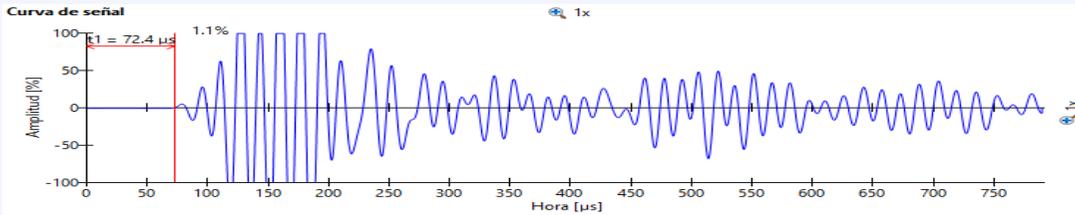
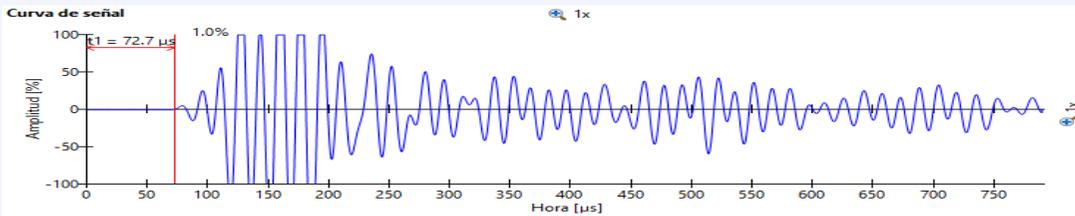
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO								
NORMA ASTM C-597										
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA										
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	01/12/2020	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	EQUIPO	PUNDIT			
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2			
CILINDRO2 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:48 AM	Resistencia compr.	378 Kg/cm ²	0.300 m	--	68.5 μs	1.00		
				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 50.2 Resistencia a la compresión: 378 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
CILINDRO2 : ENSAYO 2				01/04/2021 10:48 AM	Resistencia compr.	375 Kg/cm ²	0.300 m	--	68.7 μs	1.00
				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 50.3 Resistencia a la compresión: 375 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	378	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	376,5	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm	
	ENSAYO 2	375	kg/cm2							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR					
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 63. Ultrasonido de cilindros cemento GU con 0,30% de fibra de aluminio.

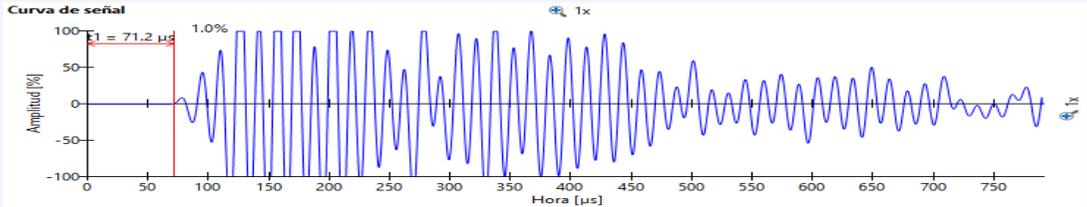
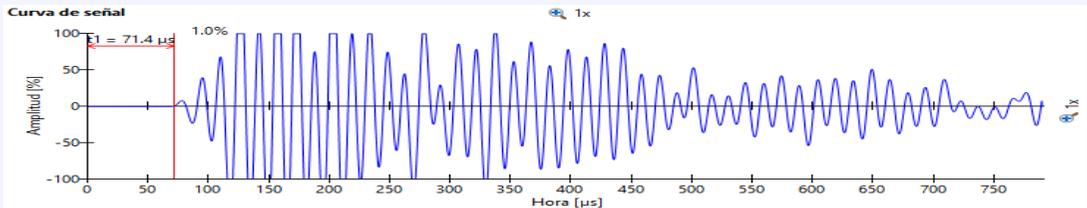
Velocidad de Pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONÍCO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
CILINDRO1 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:50 AM	Resistencia compr.	292 Kg/cm ²	0,299 m	--	71.2 μ s	1,00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 41.4 Resistencia a la compresión: 292 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1					
CILINDRO1 : ENSAYO 2		01/04/2021 10:50 AM	Resistencia compr.	290 Kg/cm ²	0,299 m	--	71.4 μ s	1,00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 41.4 Resistencia a la compresión: 290 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1					
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	292	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	291	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	290	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

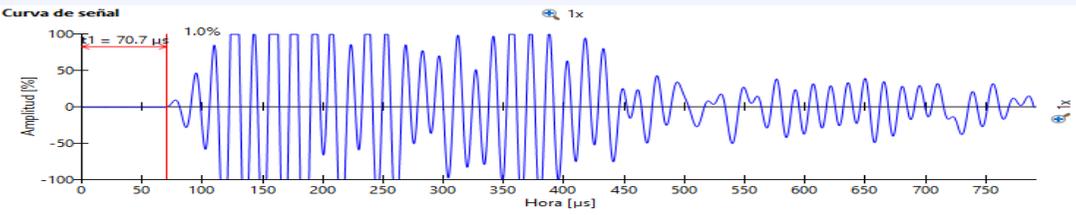
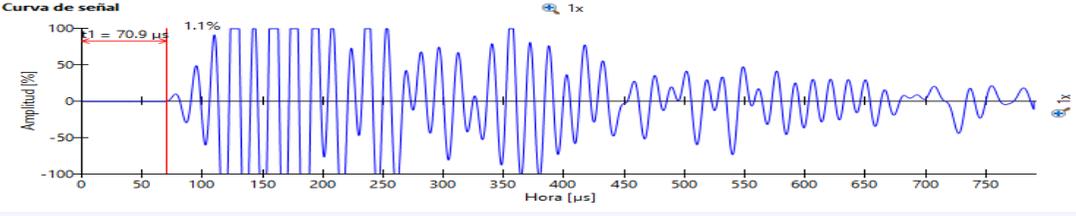
Velocidad de Pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO								
		NORMA ASTM C-597								
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	PUNDIT			
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2			
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO										
CILINDRO2 ; ENSAYO 1		01/04/2021 10:51 AM	Velocidad de pulso	4130 m/s	0,299 m	4130 m/s	72,4 μs 1.00			
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1						
		Comentario [Añadir]								
CILINDRO2 ; ENSAYO 2		01/04/2021 10:51 AM	Velocidad de pulso	4113 m/s	0,299 m	4113 m/s	72,7 μs 1.00			
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1						
		Comentario [Añadir]								
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4130	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO		4121,5	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4113	m/s							
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR					
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

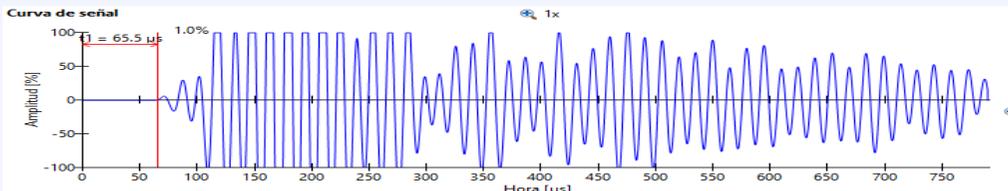
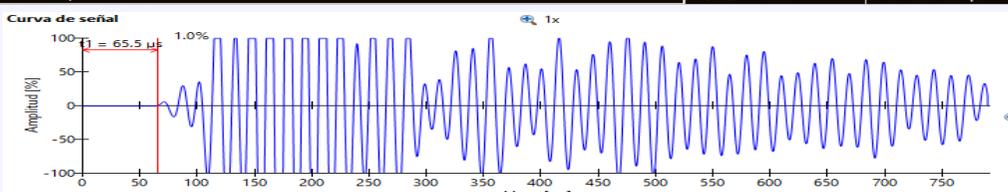
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DÍAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
CILINDRO1 : ENSAYO 1		01/04/2021 10:50 AM	Resistencia compr.	292 Kg/cm ²	0,299 m	--	71.2 μs	1.00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 41.4 Resistencia a la compresión: 292 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1					
		Comentario [Añadir]							
CILINDRO1 : ENSAYO 2		01/04/2021 10:50 AM	Resistencia compr.	290 Kg/cm ²	0,299 m	--	71.4 μs	1.00	
		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 41.4 Resistencia a la compresión: 290 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1					
		Comentario [Añadir]							
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	292	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	291	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	290	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

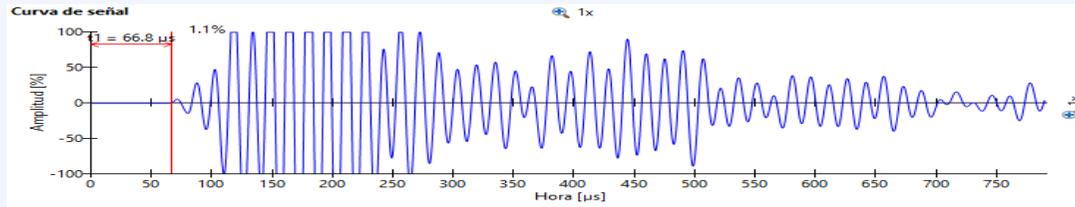
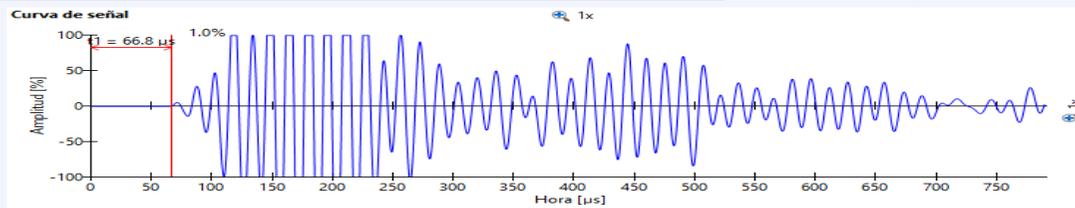
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO								
NORMA ASTM C-597										
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA										
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	03/12/2020	FECHA DE ENSAYO	31/12/2020	EQUIPO	PUNDIT			
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	N° CILINDRO	CILINDRO 2			
CILINDRO2 ; ENSAYO 1		01/04/2021 10:52 AM	Resistencia compr.	285 Kg/cm ²	0,299 m	--	70.7 μs	1.00		
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 38.9 Resistencia a la compresión: 285 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 5x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 38.9 Resistencia a la compresión: 282 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	285	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	283,5	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
		ENSAYO 2	282	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR				
			Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Anexo 64. Ultrasonido de cilindros cemento HE con 0,00% de fibra de aluminio.

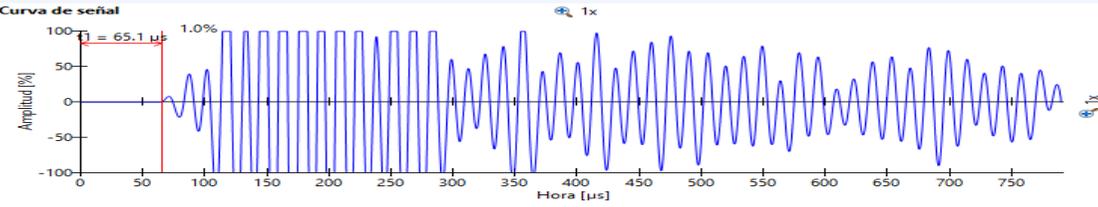
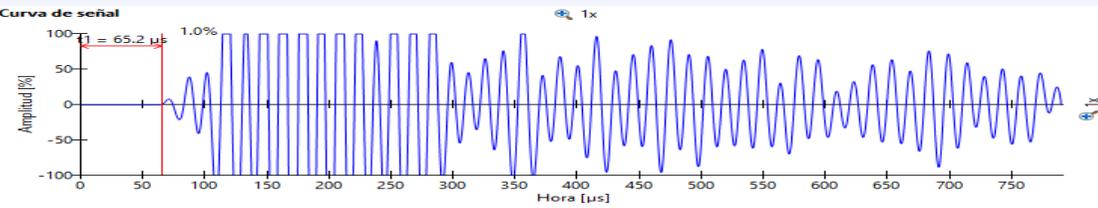
Velocidad de Pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO														
		NORMA ASTM C-597														
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"															
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	10/12/2020	FECHA DE ENSAYO	07/01/2021	EQUIPO	PUNDIT									
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 1									
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO																
Nombre	ENSAYO1 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 11:58 AM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4550 m/s	Distancia	0,298 m	Velocidad	4550 m/s	Hora 1	65.5 μs	Factor de correc...	1.00
Curva de señal						Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1								
Comentario	[Añadir]															
Nombre	ENSAYO2 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 11:58 AM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4550 m/s	Distancia	0,298 m	Velocidad	4550 m/s	Hora 1	65.5 μs	Factor de correc...	1.00
Curva de señal						Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1								
Comentario	[Añadir]															
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4550	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO		4550	m/s	LONGITUD	53,1	cm						
ENSAYO 2	4550	m/s														
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR				ELABORADO POR									
			Ing. LUCRECIA MORENO. Mg				YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA									

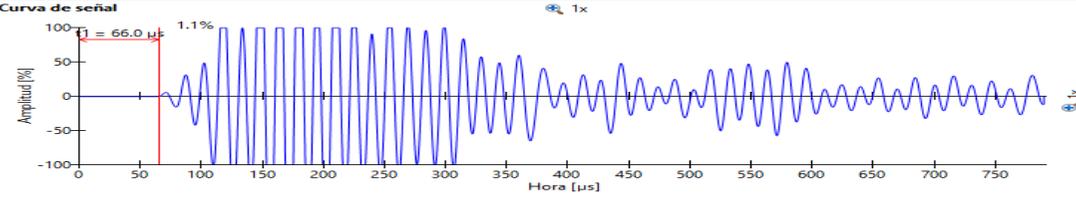
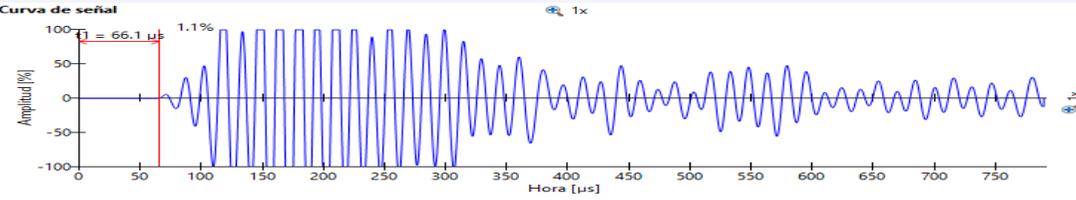
Velocidad de Pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
NORMA ASTM C-597									
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	10/12/2020	FECHA DE ENSAYO	07/01/2021	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 2		
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO									
Nombre ENSAYO1 ; CILINDRO 2		Fecha y hora 01/10/2021 11:44 AM		Modo de medición Velocidad de pulso		Resultado 4446 m/s			
Curva de señal 		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Distancia 0.297 m		Velocidad 4446 m/s			
Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]		Hora 1 66.8 µs		Factor de correc... 1.00			
ENSAYO2 ; CILINDRO 2		01/10/2021 11:44 AM		Velocidad de pulso		4446 m/s			
Curva de señal 		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Distancia 0.297 m		Velocidad 4446 m/s			
Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]		Hora 1 66.8 µs		Factor de correc... 1.00			
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4446	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4446	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4446	m/s						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

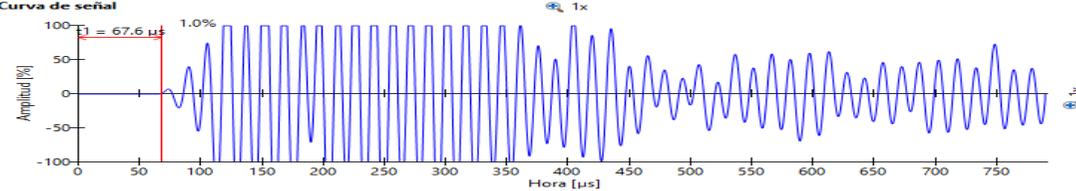
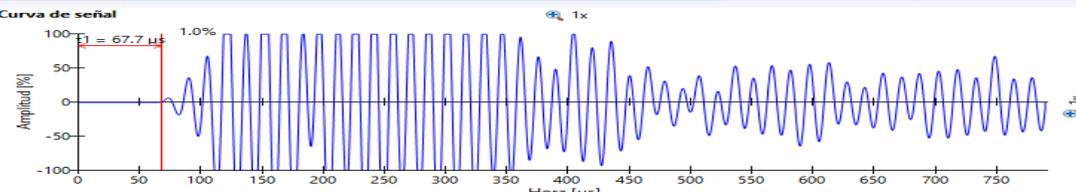
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONÍCO														
		NORMA ASTM C-597														
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"															
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA																
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	10/12/2020	FECHA DE ENSAYO	07/01/2021	EQUIPO	PUNDIT									
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 1									
Nombre	ENSAYO1 ; CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 11:59 AM	Modo de medición	Resistencia compr.	Resultado	453 Kg/cm ²	Distancia	0,298 m	Velocidad	--	Hora 1	65.1 us	Factor de correc...	1.00
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 us Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 54.6 Resistencia a la compresión: 453 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1										
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 us Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 54.6 Resistencia a la compresión: 451 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1										
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	453	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	452	kg/cm ²	LONGITUD	53,1	cm						
		ENSAYO 2	451	kg/cm ²												
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			ELABORADO POR YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA										

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

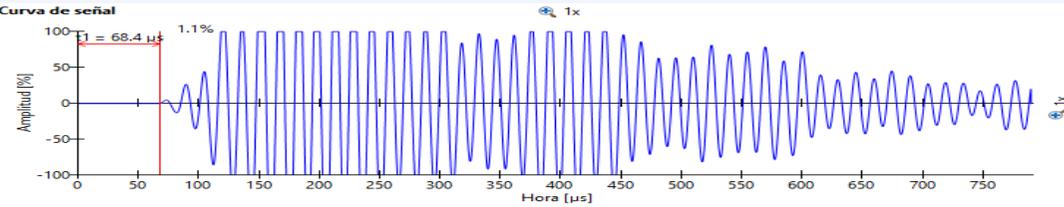
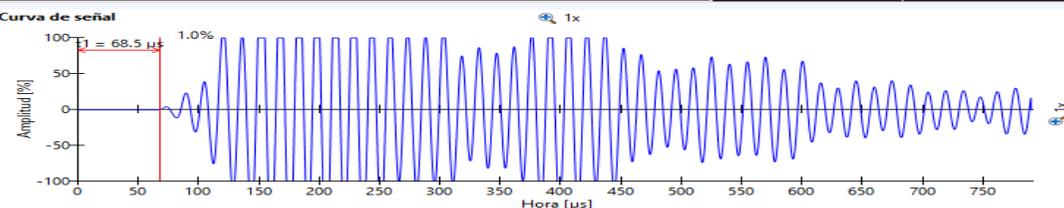
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO														
		NORMA ASTM C-597														
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"															
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA																
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	10/12/2020	FECHA DE ENSAYO	07/01/2021	EQUIPO	PUNDIT									
CONTIENE	0,00% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 2									
Nombre	ENSAYO1 ; CILINDRO 2		Fecha y hora	01/10/2021 11:53 AM	Modo de medición	Resistencia compr.	Resultado	440 Kg/cm ²	Distancia	0.298 m	Velocidad	--	Hora 1	66.0 μs	Factor de correc...	1.00
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 55.2 Resistencia a la compresión: 440 Kg/cm ²				Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1									
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 55.2 Resistencia a la compresión: 438 Kg/cm ²				Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1									
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	440	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	439	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm						
		ENSAYO 2	438	kg/cm2												
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			ELABORADO POR YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA										

Anexo 65. Ultrasonido de cilindros cemento HE con 0,20% de fibra de aluminio.

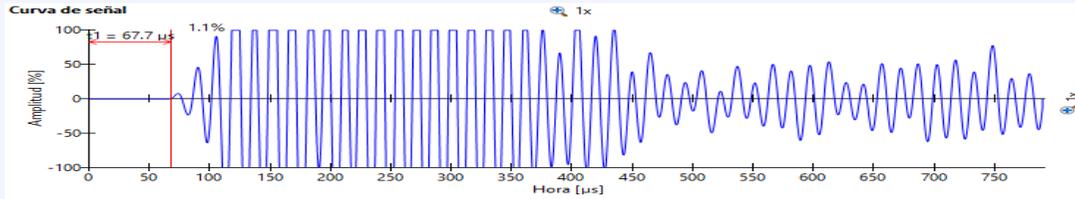
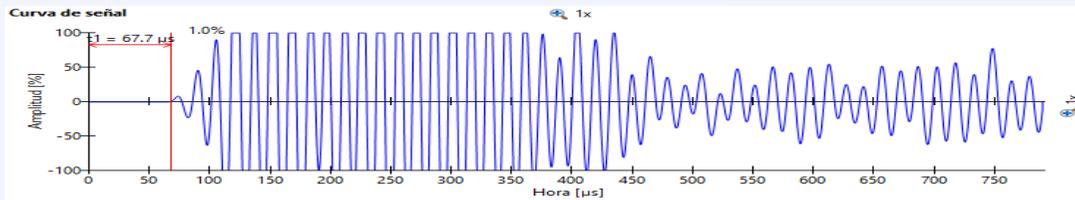
Velocidad de Pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO														
		NORMA ASTM C-597														
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"															
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT									
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 1									
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO																
Nombre	ENSAYO1 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 12:03 PM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4423 m/s	Distancia	0,299 m	Velocidad	4423 m/s	Hora 1	67.6 μ s	Factor de correc...	1.00
Curva de señal			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			Comentario [Añadir]								
Nombre	ENSAYO2 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 12:03 PM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4417 m/s	Distancia	0,299 m	Velocidad	4417 m/s	Hora 1	67.7 μ s	Factor de correc...	1.00
Curva de señal			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			Comentario [Añadir]								
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4423	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4420	m/s	LONGITUD	53,1	cm							
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 2	4417	m/s													
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR											
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA											

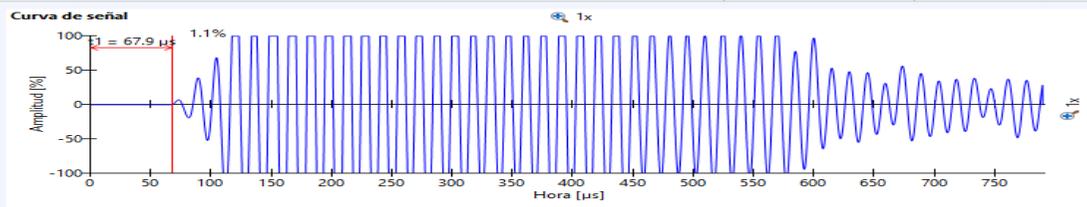
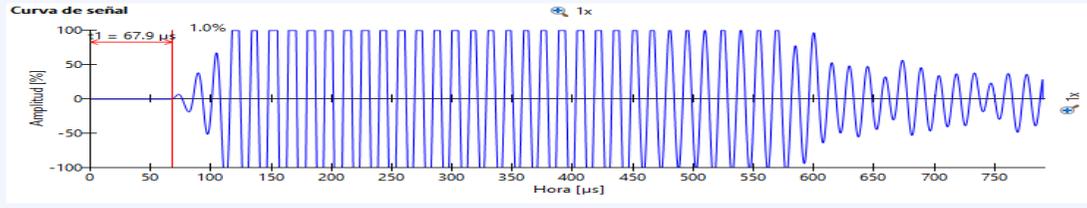
Velocidad de Pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
NORMA ASTM C-597									
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	Nº CILINDRO	CILINDRO 2		
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO									
Nombre		Fecha y hora	Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...	
ENSAYO1 ; CILINDRO 2		01/10/2021 12:08 PM	Velocidad de pulso	4371 m/s	0,299 m	4371 m/s	68,4 µs	1,00	
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
Comentario [Añadir]									
ENSAYO2 ; CILINDRO 2		01/10/2021 12:08 PM	Velocidad de pulso	4365 m/s	0,299 m	4365 m/s	68,5 µs	1,00	
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 µs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
Comentario [Añadir]									
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4371	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4368	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4365	m/s						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

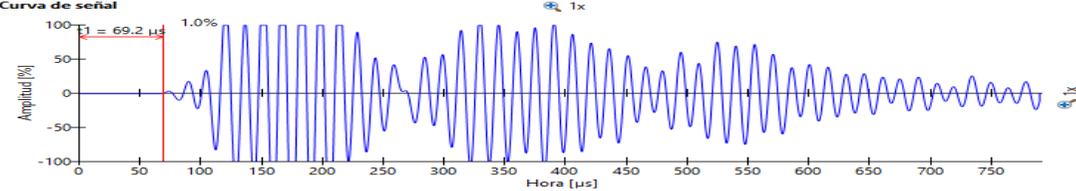
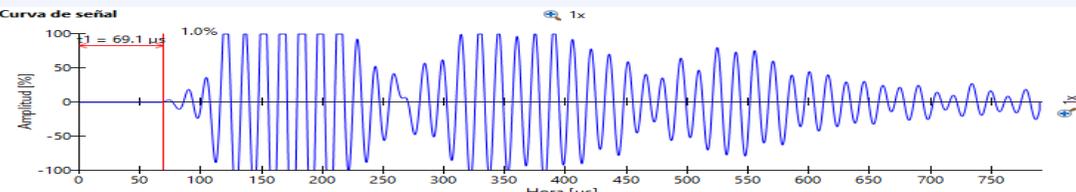
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
Nombre	Fecha y hora	Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...		
ENSAYO1; CILINDRO 1	01/10/2021 12:04 PM	Resistencia compr.	395 Kg/cm ²	0,299 m	--	67.7 μs	1.00		
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 51.8 Resistencia a la compresión: 395 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
Comentario [Añadir]									
Nombre	Fecha y hora	Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...		
ENSAYO2; CILINDRO 1	01/10/2021 12:04 PM	Resistencia compr.	395 Kg/cm ²	0,299 m	--	67.7 μs	1.00		
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 51.8 Resistencia a la compresión: 395 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
Comentario [Añadir]									
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	395	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	395	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	395	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

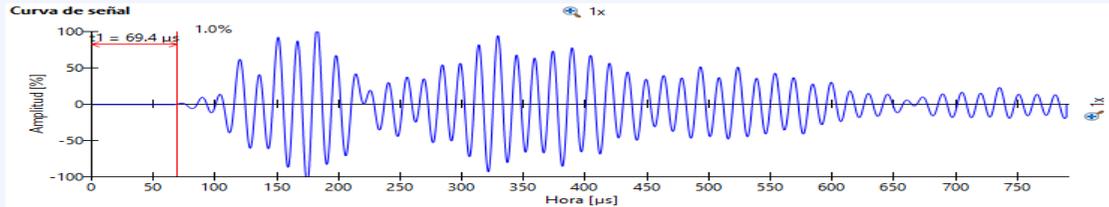
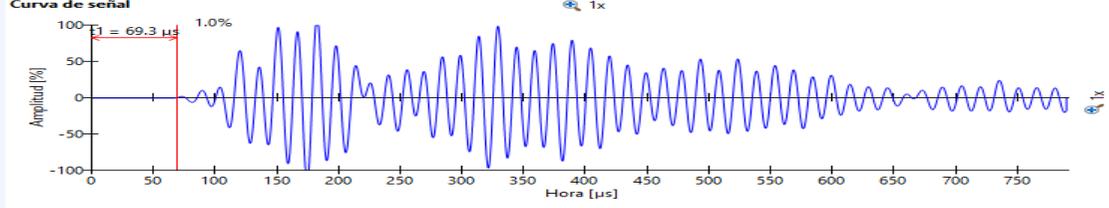
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO									
		NORMA ASTM C-597									
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"										
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA											
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT				
CONTIENE	0,20% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 2				
Nombre ENSAYO1 ; CILINDRO 2		Fecha y hora 01/10/2021 12:08 PM		Modo de medición Resistencia compr.		Resultado 361 Kg/cm ²		Distancia 0.299 m			
						Velocidad --		Hora 1 67.9 μs			
								Factor de correc... 1.00			
Curva de señal 		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 46.3 Resistencia a la compresión: 361 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]					
Curva de señal 		Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 46.3 Resistencia a la compresión: 361 Kg/cm ²		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		Comentario [Añadir]					
RESISTENCIA A LA COMPRESION		ENSAYO 1	361	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		361	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
		ENSAYO 2	361	kg/cm2							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR					
			Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 66. Ultrasonido de cilindros cemento HE con 0,25% de fibra de aluminio.

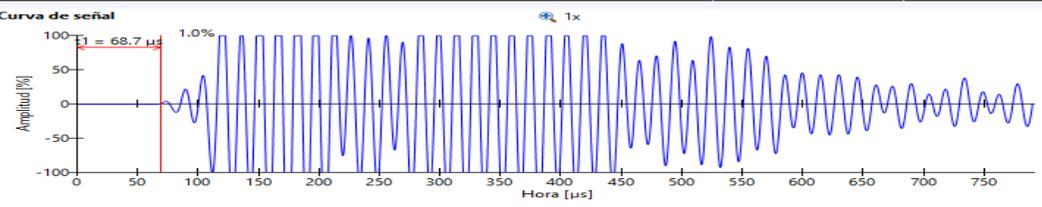
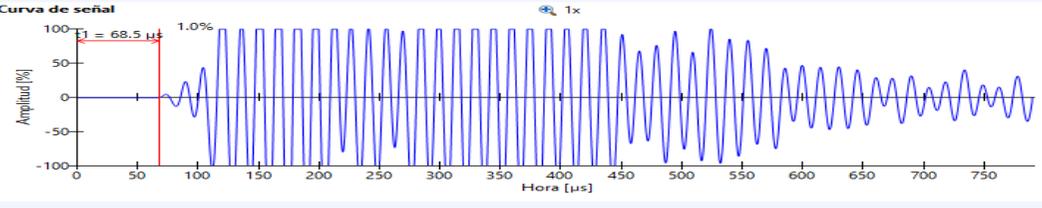
Velocidad de Pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
NORMA ASTM C-597									
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO									
Nombre	Fecha y hora	Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...		
ENSAYO1; CILINDRO 1	01/10/2021 12:13 PM	Velocidad de pulso	4306 m/s	0,298 m	4306 m/s	69,2 μ s	1,00		
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3,5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Comentario [Añadir]						
Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1									
ENSAYO2; CILINDRO 1	01/10/2021 12:13 PM	Velocidad de pulso	4313 m/s	0,298 m	4313 m/s	69,1 μ s	1,00		
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3,5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Comentario [Añadir]						
Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1									
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4306	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4309,5	m/s	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	4313	m/s						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

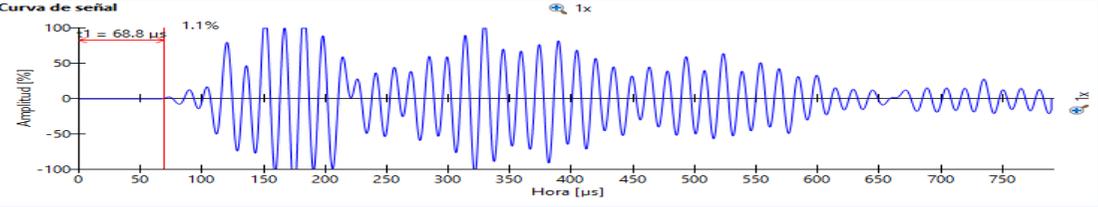
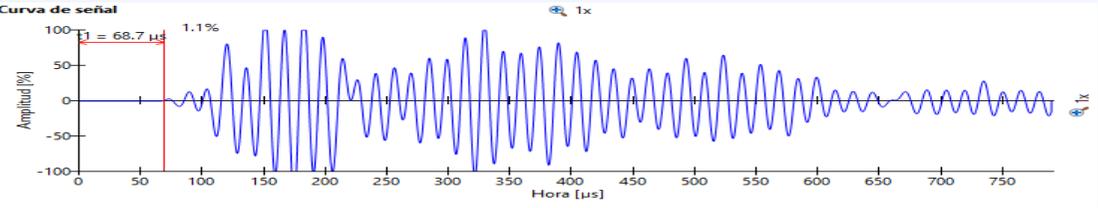
Velocidad de Pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO														
		NORMA ASTM C-597														
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"															
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT									
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 2									
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO																
Nombre	ENSAYO1 : CILINDRO 2		Fecha y hora	01/10/2021 12:18 PM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4308 m/s	Distancia	0,299 m	Velocidad	4308 m/s	Hora 1	69,4 μs	Factor de correc...	1,00
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1										
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1										
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4308	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO	4311,5	m/s	LONGITUD	53,1	cm							
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 2	4315	m/s													
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR											
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA											

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

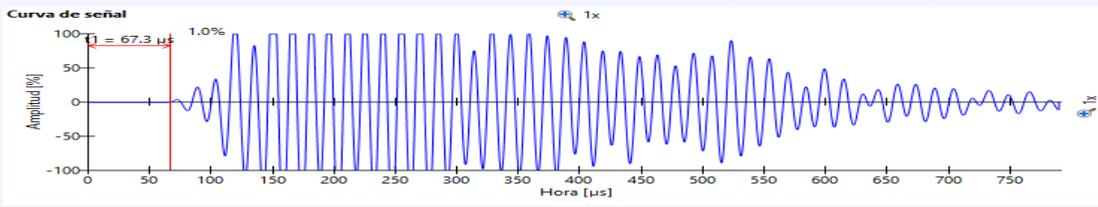
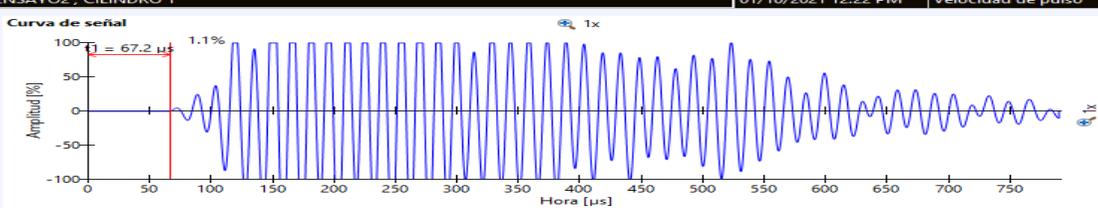
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 1		
Nombre	Fecha y hora		Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...	
ENSAYO1 : CILINDRO 1	01/10/2021 12:14 PM		Resistencia compr.	384 Kg/cm ²	0,298 m	--	68.7 μs	1.00	
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 53.1 Resistencia a la compresión: 384 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
Comentario [Añadir]									
ENSAYO2 : CILINDRO 2	01/10/2021 12:14 PM		Resistencia compr.	387 Kg/cm ²	0,298 m	--	68.5 μs	1.00	
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 53.1 Resistencia a la compresión: 387 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1			
Comentario [Añadir]									
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	384	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	385,5	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	387	kg/cm2						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

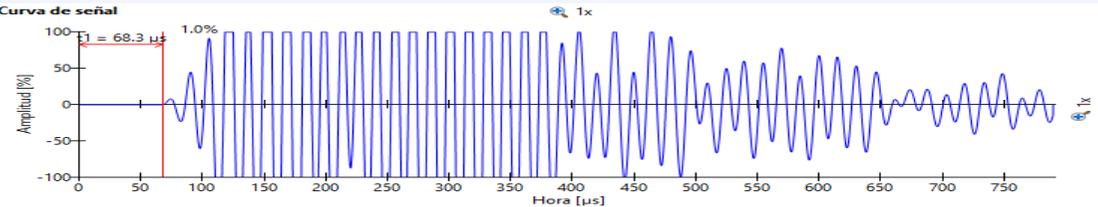
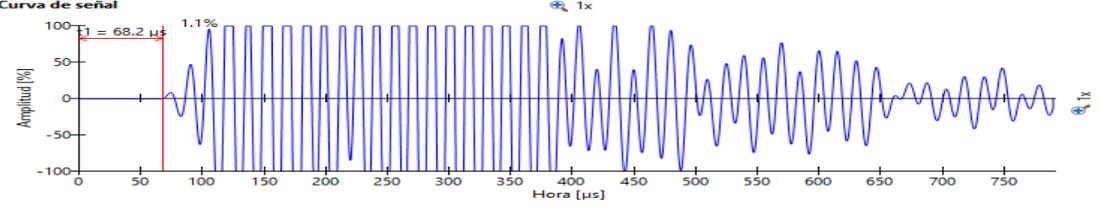
		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO							
		NORMA ASTM C-597							
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"								
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA									
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	12/12/2020	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021	EQUIPO	PUNDIT		
CONTIENE	0,25% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 2		
Nombre		Fecha y hora	Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...	
ENSAYO 1 ; CILINDRO 2		01/10/2021 12:18 PM	Resistencia compr.	369 Kg/cm ²	0,299 m	--	68.8 μs	1.00	
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 50.0 Resistencia a la compresión: 369 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		
Comentario [Añadir]									
ENSAYO 2 ; CILINDRO 2		01/10/2021 12:18 PM	Resistencia compr.	370 Kg/cm ²	0,299 m	--	68.7 μs	1.00	
Curva de señal 				Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 50.0 Resistencia a la compresión: 370 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1		
Comentario [Añadir]									
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	369	kg/cm ²	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	369,5	kg/cm ²	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	370	kg/cm ²						
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR				
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Anexo 67. Ultrasonido de Cilindros Cemento HE con 0,30% de fibra de aluminio.

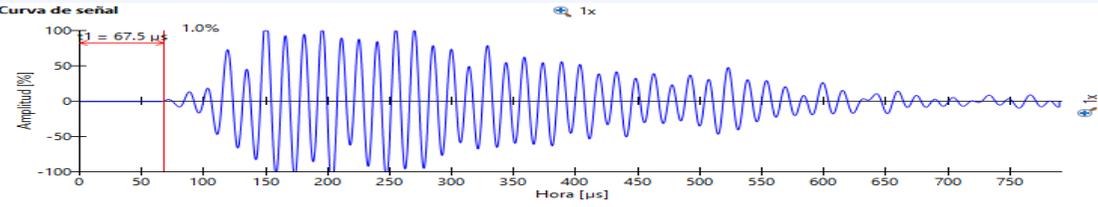
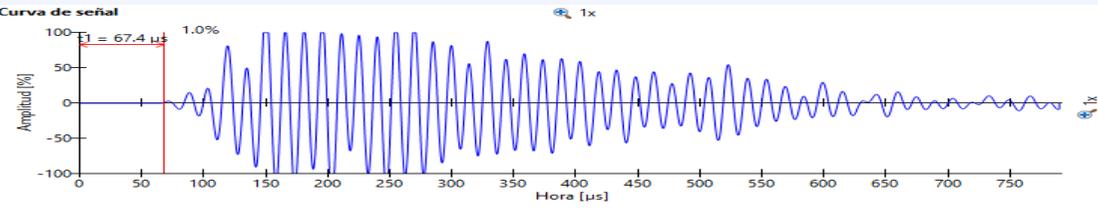
Velocidad de Pulso – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO														
		NORMA ASTM C-597														
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"															
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	13/12/2020	FECHA DE ENSAYO	10/01/2021	EQUIPO	PUNDIT									
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 1									
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO																
Nombre	ENSAYO1 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 12:22 PM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4443 m/s	Distancia	0,299 m	Velocidad	4443 m/s	Hora 1	67.3 μ s	Factor de correc...	1,00
Curva de señal					Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1									
Comentario	[Añadir]															
Nombre	ENSAYO2 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 12:22 PM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4449 m/s	Distancia	0,299 m	Velocidad	4449 m/s	Hora 1	67.2 μ s	Factor de correc...	1,00
Curva de señal					Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1									
Comentario	[Añadir]															
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4443	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO		4446	m/s	LONGITUD	53,1	cm						
	ENSAYO 2	4449	m/s													
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR										
			Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA										

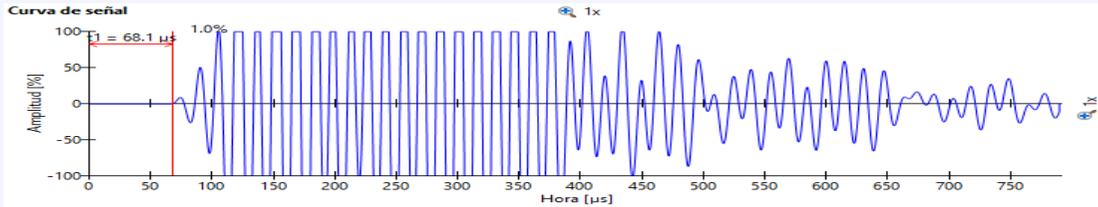
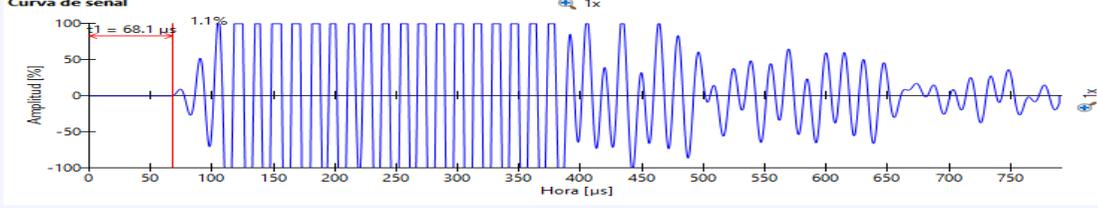
Velocidad de Pulso – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO													
		NORMA ASTM C-597													
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"														
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	13/12/2020	FECHA DE ENSAYO	10/01/2021	EQUIPO	PUNDIT								
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 2								
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PULSO															
Nombre	ENSAYO 1; CILINDRO 2	Fecha y hora	01/10/2021 12:27 PM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4348 m/s	Distancia	0,297 m	Velocidad	4348 m/s	Hora 1	68.3 μs	Factor de correc...	1.00
Curva de señal				Configuración y resultados	Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo	Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1							
Comentario	[Añadir]														
Nombre	ENSAYO 2; CILINDRO 2	Fecha y hora	01/10/2021 12:27 PM	Modo de medición	Velocidad de pulso	Resultado	4355 m/s	Distancia	0,297 m	Velocidad	4355 m/s	Hora 1	68.2 μs	Factor de correc...	1.00
Curva de señal				Configuración y resultados	Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x		Información del dispositivo	Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1							
Comentario	[Añadir]														
VELOCIDAD DE PULSO	ENSAYO 1	4348	m/s	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO		4351,5		LONGITUD	53,1	cm					
	ENSAYO 2	4355	m/s												
FIRMA RESPONSABLE		REVISADO POR			ELABORADO POR										
		Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA										

Resistencia a la Compresión – Cilindro 1

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONÍCO								
		NORMA ASTM C-597								
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"									
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA										
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	13/12/2020	FECHA DE ENSAYO	10/01/2021	EQUIPO	PUNDIT			
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	Nº CILINDRO	CILINDRO 1			
Nombre	ENSAYO1 ; CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 12:23 PM	Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...
					Resistencia compr.	393 Kg/cm ²	0.299 m	--	67.5 μ s	1.00
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 50.8 Resistencia a la compresión: 393 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
Comentario [Añadir]										
Nombre	ENSAYO2 ; CILINDRO 2		Fecha y hora	01/10/2021 12:23 PM	Modo de medición	Resultado	Distancia	Velocidad	Hora 1	Factor de correc...
					Resistencia compr.	394 Kg/cm ²	0.299 m	--	67.4 μ s	1.00
Curva de señal 			Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μ s Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 50.8 Resistencia a la compresión: 394 Kg/cm ²			Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1				
Comentario [Añadir]										
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	393	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO		393,5	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm
	ENSAYO 2	394	kg/cm2							
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR				
			Ing. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA				

Resistencia a la Compresión – Cilindro 2

		TIPO DE ENSAYO: PUNDIT - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO														
		NORMA ASTM C-597														
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA"															
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA																
ELEMENTO	CILINDRO	FECHA DE VACIADO	13/12/2020	FECHA DE ENSAYO	10/01/2021	EQUIPO	PUNDIT									
CONTIENE	0,30% FIBRA DE ALUMINIO	EDAD	28 DIAS	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIA TEMPRANA (HE)	N° CILINDRO	CILINDRO 2									
Nombre	ENSAYO01 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 12:27 PM	Modo de medición	Resistencia compr.	Resultado	363 Kg/cm ²	Distancia	0,297 m	Velocidad	--	Hora 1	68.1 μs	Factor de correc...	1.00
Curva de señal 																
Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 48.3 Resistencia a la compresión: 363 Kg/cm ²																
Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1																
Comentario [Añadir]																
Nombre	ENSAYO02 : CILINDRO 1		Fecha y hora	01/10/2021 12:27 PM	Modo de medición	Resistencia compr.	Resultado	363 Kg/cm ²	Distancia	0,297 m	Velocidad	--	Hora 1	68.1 μs	Factor de correc...	1.00
Curva de señal 																
Configuración y resultados Calib. compens. tiempo: -3.5 μs Tipo de sensor: Onda P Frec. sensor: 54 kHz Voltaje de pulso: 50 V Ganancia sensor: 10x Curva de conversión: CURVA NEW Valor de reenlace: 48.3 Resistencia a la compresión: 363 Kg/cm ²																
Información del dispositivo Nombre dispositivo: Pundit Número de serie: UP01-001-0422 Versión de software: 3.0.11 Revisión de hardware: C1																
Comentario [Añadir]																
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ENSAYO 1	363	kg/cm2	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	363	kg/cm2	LONGITUD	53,1	cm							
	ENSAYO 2	363	kg/cm2													
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR				ELABORADO POR									
			Ing. LUCRECIA MORENO. Mg				YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ ; LIMON REYES JENNIFER ARIANA									

Anexo 68. Resultados Ultrasonido de cilindros con cemento GU y HE

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
RESULTADOS DE ENSAYO - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO								
TIPO DE ELEMENTO	CILINDRO	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020	
ENSAYO - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO								
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	VELOCIDAD DE PULSO						
VIGA 0,00% F.A	1 2	4305,50	m/s					
VIGA 0,20% F.A	1 2	4331,25	m/s					
VIGA 0,25% F.A	1 2	4387,00	m/s					
VIGA 0,30% F.A	1 2	4154,75	m/s	RESISTENCIA A LA COMPRESION				
VIGA 0,00% F.A	1 2	302,50	kg/cm2	302,50				
VIGA 0,20% F.A	1 2	342,00	kg/cm2	342,00		kg/cm2		
VIGA 0,25% F.A	1 2	367,25	kg/cm2	367,25		kg/cm2		
VIGA 0,30% F.A	1 2	287,25	kg/cm2	287,25		kg/cm2		
TIPO DE ELEMENTO		CILINDRO	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021
ENSAYO - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO								
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	VELOCIDAD DE PULSO						
VIGA 0,00% F.A	1 2	4498,00	m/s					
VIGA 0,20% F.A	1 2	4394,00	m/s					
VIGA 0,25% F.A	1 2	4310,50	m/s					
VIGA 0,30% F.A	1 2	4398,75	m/s	RESISTENCIA A LA COMPRESION				
VIGA 0,00% F.A	1 2	445,50	kg/cm2	445,50				
VIGA 0,20% F.A	1 2	378,00	kg/cm2	378,00		kg/cm2		
VIGA 0,25% F.A	1 2	377,50	kg/cm2	377,50		kg/cm2		
VIGA 0,30% F.A	1 2	378,25	kg/cm2	378,25		kg/cm2		
FIRMA RESPONSABLE			REVISADO POR			ELABORADO POR		
			ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ LIMON REYES JENNIFER ARIANA		

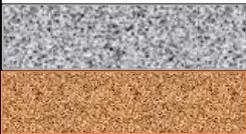
Anexo 69. Resultados Ultrasonido de vigas con cemento GU y HE

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA							
RESULTADOS DE ENSAYO - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO									
TIPO DE ELEMENTO	VIGA	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	29/12/2020		
ENSAYO - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO									
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	VELOCIDAD DE PULSO							
VIGA 0,00% F.A	1	4197,75	m/s						
VIGA 0,20% F.A	1	4251,00	m/s						
VIGA 0,25% F.A	1	4269,75	m/s						
VIGA 0,30% F.A	1	4140,25	m/s						
VIGA 0,00% F.A	2	291,75	kg/cm2						
VIGA 0,20% F.A	2	311,00	kg/cm2						
VIGA 0,25% F.A	2	322,50	kg/cm2						
VIGA 0,30% F.A	2	291,25	kg/cm2						
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	RESISTENCIA A LA COMPRESION							
ENSAYO - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO									
TIPO DE ELEMENTO	VIGA	TIPO DE CEMENTO	ALTAS RESISTENCIAS TEMPRANAS (HE)	EDAD	28 DIAS	FECHA DE ENSAYO	09/01/2021		
ENSAYO - VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO									
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	VELOCIDAD DE PULSO							
VIGA 0,00% F.A	1	4552,25	m/s						
VIGA 0,20% F.A	1	4358,25	m/s						
VIGA 0,25% F.A	1	4418,25	m/s						
VIGA 0,30% F.A	1	4430,00	m/s						
VIGA 0,00% F.A	2	443,00	kg/cm2						
VIGA 0,20% F.A	2	383,75	kg/cm2						
VIGA 0,25% F.A	2	400,75	kg/cm2						
VIGA 0,30% F.A	2	394,75	kg/cm2						
ADICION DE FIBRA DE ALUMINIO	N°	RESISTENCIA A LA COMPRESION							
FIRMA RESPONSABLE									
REVISADO POR									
ELABORADO POR									
				ING. LUCRECIA MORENO. Mg			YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSÉ		
							LIMON REYES JENNIFER ARIANA		

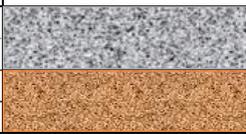
Anexo 70. ESAL's de diseño para pavimento rígido

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL								
TEMA		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON UN PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA								
Análisis de carga de tránsito										
Tasa de Crecimiento	Tipo de vehículo	Livianos	Buses	Camiones Livianos	Camiones Pesados	T.P.D.A	Numero de Carriles	Factor de Distribucion por carril		
	2020 - 2025	3.37 %	1.80 %	2.02 %	2.02 %	26000	2 En cada Sentido	80		
Tipo de Vehículo			% Vehículos	Numero de Vehículos	Total de Vehículos	Cargas Estimadas por Eje	Delantero	Trasero	Transito Acumulado %	
Livianos			37.50%	9750.00	7800.00		0.50	1.00	28.37	
			37.50%	9750.00	7800.00		1.00	3.00	28.37	
Bus		2 ejes	5.00%	1300.00	1040.00		1.70	5.00	24.03	
			5.00%	1300.00	1040.00		5.50	10.00	24.03	
Volquetas		C2P	2 ejes	2.50%	650.00		520.00	1.20	2.50	24.59
			2.50%	650.00	520.00		3.00	7.00	24.59	
		C2G	2 ejes	2.50%	650.00		520.00	2.50	4.00	24.59
			2.50%	650.00	520.00		7.00	11.00	24.59	
		C3	3 ejes	2.50%	650.00		520.00	2.50	4.80	24.59
			2.50%	650.00	520.00	7.00	20.00	24.59		
ESAL's de diseño										
Años de diseño proyecto			20	años	Factor Direccional		FD	0.45		
Peso Ejes		Número de Ejes	Trafico de Diseño	Factor Equivalente de Carga o Factor Camión (FECC)	Nº. de ESAL's de Diseño					
Ton	Ejes									
0.50	1.1	7,800.0	80776565.4	0.00001	1116.63					
1.00	2.2	15,600.0	161553130.9	0.00022	35732.22					
1.20	2.6	520.0	4667351.0	0.00046	2140.62					
1.70	3.7	1,040.0	9122948.1	0.00185	16852.93					
2.50	5.5	1,560.0	14002053.0	0.00864	120975.20					
3.00	6.6	8,320.0	74677616.0	0.01792	1337888.91					
4.00	8.82	520	4667351.0	0.05662	264274.35					
4.80	10.58	520	4667351.0	0.11741	547999.30					
5.00	11.02	1040	9122948.1	0.13824	1261129.86					
5.50	12.13	1040	9122948.1	0.20239	1846420.24					
7.00	15.43	1560	14002053.0	0.53105	7435813.14					
10.00	22.05	1040	9122948.1	2.21179	20178077.84					
11.00	24.25	520.00	4667351.0	3.23829	15114221.88					
4.80	10.58	520.00	4667351.0	0.01049	48940.72					
20.00	44.09	520.00	4667351.0	3.16049	14751134.02					
TOTAL ESAL's DE DISEÑO					62962717.87					
ESAL's DE DISEÑO POR CARRIL					28333223.04					
					2.83E+07					
			REVISADO POR :		ELABORADO POR:					
			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC		YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 71. Diseño de pavimento rígido con diseño patrón utilizando cemento GU

 UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL							
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO							
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas	F'c	350	kg/cm2	Contiene	0,00% de Adicion de Fibra de Aluminio	
Tipo de cemento	Uso General "GU"	Mr	4.12	Mpa	Método de diseño	Método ASSHTO 1993	
MODULOS DEL HORMIGÓN							
Resistencia de Diseño		Modulo de Elasticidad		Modulo de Rotura			
f'c :	350.00 Kg/m2	Ec :	282754.26 Kg/cm2	Mr :	3.94 Mpa		
f'c :	4978.16 Psi	Ec :	4021694.37 Psi	Mr :	571.45 Psi		
MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE							
C.B.R		5	%	Modulo de Reaccion (K)			
		$k = 2.55 + 52.5 \log CBR \quad \text{si } CBR \leq 10$ $k = 39.25 \quad \text{Mpa/m}$					
MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE CON CAPA DE SUBBASE GRANULAR							
Espesor de diseño		25	cm	C.B.R		30 %	
Fuente : PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Thickness design for concrete highway and street pavements.							
Valor de k para la subrasante		Subbase Granular					
		150 mm		225 mm		300 mm	
MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³
20	73	26	96	32	117	38	140
40	147	49	180	57	210	66	245
60	220	66	245	76	280	90	330
80	295	90	330	100	370	117	430
MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRASANTE				k =	59.02	MPa/m	
METODO AASHTO 1993							
Ejes Acumulados		8,2Ton	2.83E+07	Coefficiente de drenaje		1.0	
Confiabilidad		R%	80	Indice de Servicio Final		Pt	2.5
Desviación Estándar		Z _R	-0.841	Indice de Servicio Inicial		Po	4.5
Error Estándar Combinado		S _O	0.39	Pérdida de PSI		2.0	
Coefficiente de transmision de carga		J	3.20	Modulo de Reacción		k	25.80
Pérdida de soporte		Ls	2.00				
FORMULA GENERAL AASHTO 1993							
$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_O + 7.35 * \log_{10} (D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{3.46}}} + (4.22 - 0.32 pt) * \log_{10} \left(\frac{Mr C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$							
DETERMINACIÓN DE ESPESORES							
Ajuste		Estructura Final del Pavimento			Espesor		
Requerido (cm)	32.00				Hormigón	12.60 in	32 cm
Log (ejes Acumulados)	7.45				Subbase	9.84 in	25 cm
Ecuación de Comprobación	7.43						
Espesor de Losa D (pulg)	12.60						
ELABORADO POR:				REVISADO POR :			
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE				ING. LUCRECIA MORENO A. MSC			
LIMON REYES JENNIFER ARIANA							

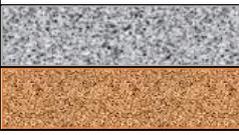
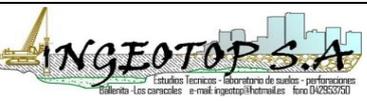
Anexo 72. Diseño de pavimento rígido con adición de 0.25% de fibra de aluminio utilizando cemento GU

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL							
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA						
DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO							
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas	F'c	350	kg/cm2	Contiene	0,25% de Adición de Fibra de Aluminio	
Tipo de cemento	Uso General "GU"	Mr	4.12	Mpa	Método de diseño	Método ASSHTO 1993	
MODULOS DEL HORMIGON							
Resistencia de Diseño		Modulo de Elasticidad			Modulo de Rotura		
f'c :	350.00 Kg/m2	Ec :	282754.26	Kg/cm2	Mr :	4.56	Mpa
f'c :	4978.16 Psi	Ec :	4021694.37	Psi	Mr :	661.37	Psi
MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE							
C.B.R		5	%		Modulo de Reaccion (K)		
		$k = 2.55 + 52.5 \log CBR \quad \text{si } CBR \leq 10$ k= 39.25 Mpa/m					
MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE CON CAPA DE SUBBASE GRANULAR							
Espesor de diseño		25	cm		C.B.R		
				30	%		
Fuente : PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Thickness design for concrete hoghway and street pavements.							
Valor de k para la subrasante		Subbase Granular					
		150 mm		225 mm		300 mm	
MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³
20	73	26	96	32	117	38	140
40	147	49	180	57	210	66	245
60	220	66	245	76	280	90	330
80	295	90	330	100	370	117	430
MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRASANTE				k =	59.02	MPa/m	
METODO AASHTO 1993							
Ejes Acumulados	8,2Ton	2.83E+07	Coefficiente de drenaje		1.0		
Confiabilidad	R%	80	Indice de Servicio Final	Pt	2.5		
Desviación Estándar	Z _R	-0.841	Indice de Servicio Inicial	Po	4.5		
Error Estándar Combinado	S _O	0.39	Pérdida de PSI		2.0		
Coefficiente de transmisión de carga	J	3.20	Modulo de Reacción	k	25.80		
Pérdida de soporte	Ls	2.00					
FORMULA GENERAL AASHTO 1993							
$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_O + 7.35 * \log_{10} (D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 pt) * \log_{10} \left(\frac{Mr C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}} \right)} \right)$							
DETERMINACIÓN DE ESPESORES							
Ajuste		Estructura Final del Pavimento				Espesor	
Requerido (cm)	30.00			Hormigón	11.81 in	30 cm	
Log (ejes Acumulados)	7.45			Subbase	9.84 in	25 cm	
Ecuación de Comprobación	7.46						
Espesor de Losa D (pulg)	11.81						
ELABORADO POR:			REVISADO POR :			 Estudios técnicos - laboratoria de suelos - perforaciones Barridos - Los canchales - e-mail: ingenio@hormigas.com (042553030)	
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC				
LIMON REYES JENNIFER ARIANA							

Anexo 73. Diseño de pavimento rígido con diseño patrón utilizando cemento HE

 UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL									
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA								
DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO									
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas	F'c	350	kg/cm2	Contiene	0,00% de Adición de Fibra de Aluminio			
Tipo de cemento	Altas Resistencias Tempranas (HE)	Mr	4.12	Mpa	Método de diseño	Método ASSHTO 1993			
MODULOS DEL HORMIGON									
Modulo de Elasticidad			Resistencia de Diseño		Modulo de Rotura				
Ec :	282754.26	Kg/cm2	f'c :	350.00	Kg/m2	Mr :	4.07	Mpa	
Ec :	4021694.37	Psi	f'c :	4978.16	Psi	Mr :	590.30	Psi	
Modulo de Elasticidad		(Emitida por holcim)		MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE					
Ec =	25499.00	MPa			C.B.R			5	%
Ec =	3698323.96	Psi			Modulo de Reaccion (K)				
Ec =	260018.40	kg/cm2			$k = 2.55 + 52.5 \log CBR$ si $CBR \leq 10$				
Ec promedio =	3860009.17	Psi			k=	39.25	Mpa/m		
MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE CON CAPA DE SUBBASE GRANULAR									
Espesor de diseño			25	cm	C.B.R		30	%	
Fuente : PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Thickness design for concrete highway and street pavements.									
Valor de k para la subrasante		Subbase Granular							
		150 mm		225 mm		300 mm			
MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³		
20	73	26	96	32	117	38	140		
40	147	49	180	57	210	66	245		
60	220	66	245	76	280	90	330		
80	295	90	330	100	370	117	430		
MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRASANTE					k =	59.02	MPa/m		
METODO AASHTO 1993									
Ejes Acumulados		8,2Ton	2.83E+07	Coefficiente de drenaje		1.0			
Confiabilidad		R%	80	Indice de Servicio Final		Pt	2.5		
Desviación Estándar		Z _R	-0.841	Indice de Servicio Inicial		Po	4.5		
Error Estándar Combinado		S _O	0.39	Pérdida de PSI		2.0			
Coefficiente de transmision de carga		J	3.20	Modulo de Reacción		k	25.80		
Pérdida de soporte		Ls	2.00						
FORMULA GENERAL AASHTO 1993									
$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_O + 7.35 * \log_{10} (D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 pt) * \log_{10} \left(\frac{Mr C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}} \right)} \right)$									
DETERMINACIÓN DE ESPESORES									
Ajuste		Estructura Final del Pavimento				Espesor			
Requerido (cm)	32.00			Hormigon	12.60 in	32 cm			
Log (ejes Acumulados)	7.45			Subbase	9.84 in	25 cm			
Ecuación de Comprobación	7.48								
Espesor de Losa D (pulg)	12.60								
ELABORADO POR:			REVISADO POR :			 INGEOTOP S.A. Estudios Técnica - laboratorio de suelos - perforaciones Ballente - Los caracoles e-mail: ingeotop@netmex.net fono: 042635750			
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE LIMON REYES JENNIFER ARIANA			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC						

Anexo 74. Diseño de pavimento rígido con adición de 0.25% de fibra de aluminio utilizando cemento HE

 UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		 INGENIERIA CIVIL UPSE						
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA							
DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO								
Tipo de construcción	Pavimentos y Losas	F'c	350	kg/cm ²	Contiene	0,25% de Adición de Fibra de Aluminio		
Tipo de cemento	Altas Resistencias Tempranas (HE)	Mr	4.12	Mpa	Método de diseño	Método ASSHTO 1993		
MODULOS DEL HORMIGON								
Modulo de Elasticidad		Resistencia de Diseño		Modulo de Rotura				
Ec :	282754.26	kg/cm ²	f'c :	350.00	kg/m ²	Mr :	5.01	Mpa
Ec :	4021694.37	Psi	f'c :	4978.16	Psi	Mr :	726.64	Psi
Modulo de Elasticidad	(Emitida por holcim)	MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE						
Ec =	29621.00	MPa	C.B.R		5	%		
Ec =	4296170.60	Psi	Modulo de Reaccion (K)					
Ec =	302051.26	kg/cm ²	$k = 2.55 + 52.5 \log CBR$ si $CBR \leq 10$					
Ec promedio =	4158932.48	Psi	k=		39.25	Mpa/m		
MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE CON CAPA DE SUBBASE GRANULAR								
Espesor de diseño	25	cm	C.B.R		30	%		
Fuente :	PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Thickness design for concrete highway and street pavements.							
Valor de k para la subrasante	Subbase Granular							
	150 mm		225 mm		300 mm			
MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	MPa/m	Lb/in³	
20	73	26	96	32	117	38	140	
40	147	49	180	57	210	66	245	
60	220	66	245	76	280	90	330	
80	295	90	330	100	370	117	430	
MODULO DE REACCION COMPUESTO DE LA SUBRASANTE				k =	59.02	MPa/m		
METODO AASHTO 1993								
Ejes Acumulados	8,2Ton	2.83E+07	Coefficiente de drenaje		1.0			
Confabilidad	R%	80	Indice de Servicio Final		Pt	2.5		
Desviación Estándar	Z _R	-0.841	Indice de Servicio Inicial		Po	4.5		
Error Estándar Combinado	S _O	0.39	Pérdida de PSI				2.0	
Coefficiente de transmisión de carga	J	3.20	Modulo de Reacción		k	25.80		
Pérdida de soporte	L _s	2.00						
FORMULA GENERAL AASHTO 1993								
$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_O + 7.35 * \log_{10} (D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 pt) * \log_{10} \left(\frac{Mr C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}} \right)} \right)$								
DETERMINACIÓN DE ESPESORES								
Ajuste		Estructura Final del Pavimento			Espesor			
Requerido (cm)	29.00			Hormigon	11.42 in	29 cm		
Log (ejes Acumulados)	7.45			Subbase	9.84 in	25 cm		
Ecuación de Comprobación	7.49							
Espesor de Losa D (pulg)	11.42							
ELABORADO POR:			REVISADO POR :			 INGEOTOP S.A. Estudios Técnicos - Laboratorio de suelos - perforaciones Bullente - Los curules - e-mail: ingeotop@hotmail.com - fono 042953070		
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE LIMON REYES JENNIFER ARIANA			ING. LUCRECIA MORENO A. MSC					

Anexo 75. Análisis de precio unitario para cada uno de los cementos utilizados sin adición de fibra de aluminio y con adición de fibra de aluminio

Diseño de pavimento patrón con cemento GU

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA				
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
Rubro:	Losa de hormigon; Pav. Rigido Mr:4,11Mpa	Unidad: m3			
Tipo de cemento:	Uso general (GU)	Contiene: 0,00% Fibra de Al.			
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Vibrador	1	1.90	1.90	1.024	1.95
Herramienta Menor	1	3.50	3.50	1.024	3.58
				SUBTOTAL	5.53
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro	1	4.04	4.04	1.024	4.14
Albañil	2	3.65	7.30	1.024	7.48
Peon	6	3.60	21.60	1.024	22.12
				SUBTOTAL	33.73
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Hormigon Premezclado f'c 350 kg/cm2	m3	1	137.00	137.00	
			SUBTOTAL	137.00	
COSTOS DIRECTOS				176.26	
COSTOS INDIRECTOS				25%	44.07
TOTAL				220.33	
ELABORADO POR:		REVISADO POR :			
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE		ING. LUCRECIA MORENO A. MSC			
LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Diseño de pavimento rígido con adición de fibra de aluminio con cemento GU

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA				
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
Rubro:	Losa de hormigon f'c 350kg/cm2; Pav. Rigido Mr:4,11Mpa	Unidad:	m3		
Tipo de cemento:	Uso general (GU)	Contiene:	0,25% Fibra de Al.		
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Vibrador	1	1.90	1.90	1.024	1.95
Herramienta Menor	1	3.50	3.50	1.024	3.58
				SUBTOTAL	5.53
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro	1	4.04	4.04	1.024	4.14
Albañil	2	3.65	7.30	1.024	7.48
Peon	6	3.60	21.60	1.024	22.12
				SUBTOTAL	33.73
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Hormigon Premezclado f'c 350 kg/cm2	m3	1.00	137.00	137.00	
Fibra de aluminio (0,25 %)	kg	7.43	1.98	14.71	
				SUBTOTAL	151.71
COSTOS DIRECTOS					190.97
COSTOS INDIRECTOS					25% 47.74
TOTAL					238.71
ELABORADO POR:	REVISADO POR :				
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE	ING. LUCRECIA MORENO A. MSC				
LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Diseño de pavimento rígido patrón con cemento HE

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA	

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Rubro:	Losas de hormigon; Pav. Rígido Mr:4,11Mpa	Unidad:	m3
Tipo de cemento:	Altas resistencias tempranas (HE)	Contiene:	0,00% Fibra de Al.

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Vibrador	1	1.90	1.90	1.024	1.95
Herramienta Menor	1	3.50	3.50	1.024	3.58
SUBTOTAL					5.53

MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro	1	4.04	4.04	1.024	4.14
Albañil	2	3.65	7.30	1.024	7.48
Peon	6	3.60	21.60	1.024	22.12
SUBTOTAL					33.73

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Hormigon Premezclado f'c 350 kg/cm2	m3	1	107.00	107.00
SUBTOTAL				107.00

COSTOS DIRECTOS			146.26
COSTOS INDIRECTOS			25% 36.57
TOTAL			182.83

ELABORADO POR:	REVISADO POR :	
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE	ING. LUCRECIA MORENO A. MSC	
LIMON REYES JENNIFER ARIANA		

Diseño de pavimento rígido con adición de fibra de aluminio con cemento HE

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA				
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
Rubro:	Losa de hormigon f'c 350kg/cm2; Pav. Rígido Mr:4,11Mpa	Unidad: m3			
Tipo de cemento:	Altas Resistencias Tempranas (HE)	Contiene: 0,25% Fibra de Al.			
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Vibrador	1	1.90	1.90	1.024	1.95
Herramienta Menor	1	3.50	3.50	1.024	3.58
				SUBTOTAL	5.53
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro	1	4.04	4.04	1.024	4.14
Albañil	2	3.65	7.30	1.024	7.48
Peon	6	3.60	21.60	1.024	22.12
				SUBTOTAL	33.73
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Hormigon Premezclado f'c 350 kg/cm2	m3	1.00	107.00	107.00	
Fibra de aluminio (0,25 %)	kg	7.43	1.98	14.71	
				SUBTOTAL	121.71
COSTOS DIRECTOS					160.97
COSTOS INDIRECTOS					25% 40.24
TOTAL					201.21
ELABORADO POR:	REVISADO POR:				
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE	ING. LUCRECIA MORENO A. MSC				
LIMON REYES JENNIFER ARIANA					

Anexo 76. Análisis de precio unitario de los aceros en juntas del pavimento rígido

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL CON PAVIMENTO RÍGIDO ADICIONANDO FIBRAS DE ALUMINIO PARA MEJORAR SU RESISTENCIA				
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
Rubro:	Barras de Acero para juntas	Unidad: kg			
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor	1	3.50	3.50	0.0165	0.058
					0.000
				SUBTOTAL	0.058
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro	1	4.04	4.04	0.0165	0.067
Albañil	1	3.65	3.65	0.0165	0.060
Fierrero	1	3.60	3.60	0.0165	0.059
Peon	1	3.60	3.60	0.0165	0.059
				SUBTOTAL	0.186
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Acero de Refuerzo D=38mm		kg	0.44	0.48	0.213
Acero de Refuerzo D=12,7mm		kg	7.50	9.89	74.236
				SUBTOTAL	74.449
COSTOS DIRECTOS					74.69
COSTOS INDIRECTOS				25%	18.67
TOTAL					93.37
ELABORADO POR:		REVISADO POR :			
YAGUAL TOMALA CHRISTIAN JOSE		ING. LUCRECIA MORENO A. MSC			
LIMON REYES JENNIFER ARIANA					