



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO,
CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO”**

Línea de investigación:

Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por:

Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Código ORCID: 0009-0000-6012-3924

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil.

Asesor:

Mgt. Ing. Enrique Nuñez del Prado Coll

Código ORCID: 0000-0001-8851-6586

CUSCO – PERÚ.

2023



Metadatos

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera
Número de documento de identidad	72946872
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0000-6012-3924
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Enrique Nuñez del Prado Coll
Número de documento de identidad	23904327
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0001-8851-6586
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas
Número de documento de identidad	41610570
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Ing. Abel Justino Pinares Gamarra
Número de documento de identidad	23922788
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Adan Renzo Aguilar Hilar
Número de documento de identidad	48226102
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. José Carlos Solís Tito
Número de documento de identidad	43491953
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Ciencia y tecnología en el uso de materiales



TESIS DE GRADO PARA OPTAR TITULO DE ING CIVIL

por GWREN TACO HERRERA

Fecha de entrega: 04-nov-2023 09:21p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2217567978

Nombre del archivo: 3.4_TESIS_FINAL_AHORA_SI_Gwren_Darlyni_Taco_Herrera.docx (74.13M)

Total de palabras: 44751

Total de caracteres: 229896



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO,
CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO”**

Línea de investigación:

Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por:

Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Código ORCID: 0009-0000-6012-3924

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil.

Asesor:

Mgt. Ing. Enrique Nuñez del Prado Coll

Código ORCID: 0000-0001-8851-6586

CUSCO – PERÚ.

2023



TESIS DE GRADO PARA OPTAR TITULO DE ING CIVIL

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

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

9%

★ tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: GWREN TACO HERRERA
Título del ejercicio: Revisión final tesis de Taco Herrera
Título de la entrega: TESIS DE GRADO PARA OPTAR TITULO DE ING CIVIL
Nombre del archivo: 3.4_TESIS_FINAL_AHORA_SI_Gwren_Darlyni_Taco_Herrera.docx
Tamaño del archivo: 74.13M
Total páginas: 337
Total de palabras: 44,751
Total de caracteres: 229,896
Fecha de entrega: 04-nov.-2023 09:21p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2217567978

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO,
CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Línea de Investigación:
Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por:

Msc. Gwren Darlyni Taco Herrera

Código ORCID: 0009-0000-6012-3924

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Mg. Ing. Enrique Nolasco del Prado Coll

Código ORCID: 0000-0001-8851-4586

CUSCO - PERÚ.

2023

Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.



Dedicatoria

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante en todos los pasos que doy y pueda cumplir con mis metas trazadas.

A mi madre Paulina Herrera Quispe por su amor incondicional, apoyo, comprensión y confianza que siempre me brinda, a mi padre Alberto Taco Curasi por sus consejos y enseñanzas a lo largo de mi vida, Gracias los quiero mucho.

A mis hermanos menores Alvaro Yahir y Evelyn Rosmery, quienes me brindan su cariño y apoyo para no rendirme nunca.

Atte. Gwren Darlyni Taco Herrera



Agradecimientos

Agradezco a Dios, por permitirme culminar con una etapa de mi carrera profesional.

A mis padres por la confianza, paciencia, apoyo económico y moral que me brindaron a lo largo de mi carrera profesional.

A mis docentes por los consejos y lecciones que me dieron durante todo el proceso de mi vida universitaria.

Un agradecimiento especial a mí asesor Mgt. Ing. Enrique Núñez del Prado Coll, por brindarme su tiempo, paciencia, orientación y contribución a la elaboración de la presente tesis de investigación.

Agradezco a mis dictaminantes Mgt. Ing. Adan Renzo Aguilar Hilari e Mgt. Ing. José Carlos Solís Tito, por su tiempo y predisposición en la revisión del trabajo de investigación, para que sea presentado en óptimas condiciones.

Así mismo, expreso mi gratitud a todas las personas, que me brindaron su apoyo y colaboración en la ejecución y desarrollo de este trabajo.

Atte. Gwren Darlyni Taco Herrera



Resumen

La investigación tiene por nombre: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO.”

La investigación tuvo como principal objetivo analizar el comportamiento mecánico del concreto hidráulico fibroreforzado mediante la aplicación del Método de diseño Technical Report N°34 – Británico, el cual se basa en diseñar una losa reforzada con fibra metálica Wirand, para tal fin se emplea un ejemplo mediante la utilización de un proyecto real.

La metodología que contiene la investigación es de: Enfoque Cuantitativo, Nivel Descriptivo, Método Hipotético - Deductivo y Diseño Experimental. Para ello se elaboraron probetas cilíndricas y prismáticas (tipo viga) de un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con tamaño máximo nominal de agregado de 1”, Concreto patrón; respecto a otros concretos con dosificaciones de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cúbico de concreto. Teniendo en cuenta que el método de muestreo que desarrollo la investigación fue por conveniencia puesto que se elaboraron los elementos muestrales, donde el número de población es igual al número de la muestra, siendo en total 72 especímenes entre ellos 24 probetas prismáticas y 48 probetas cilíndricas.

Con ello, se buscó analizar el comportamiento mecánico del concreto, para lo cual fueron evaluados en resistencia a compresión, tracción y flexión a edades de curado de 7 y 28 días.

Se obtuvo como resultado que los valores máximos alcanzados para compresión, tracción y flexión son para una dosificación de $50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ de la fibra Wirand FF1 a los 28 días, para resistencia a compresión se tiene una mejora de 43.80%, para tracción 34.94% y para flexión 57.28% frente al concreto patrón, por ende a mayor dosificación significará un mayor comportamiento mecánico. En el ensayo de flexión se verificó que los valores obtenidos son mayores a 3.4 MPa, cumpliendo con lo establecido en la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Siendo el propósito de la investigación desarrollar una guía de diseño de concreto reforzado con fibras de acero aplicado a pavimentos, debido a las ventajas que se obtienen en la construcción y operación de estas estructuras por el uso de este material.

Palabras Claves: Fibra Wirand FF1, Technical Report N°34, Pavimento Rígido, Resistencia a la compresión, Resistencia a la tracción indirecta, Resistencia a la flexión.



Abstract

The research is called: "ANALYSIS OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF FIBER-REINFORCED HYDRAULIC CONCRETE FOR THE DESIGN OF RIGID PAVEMENT, CASE OF AN ARTERIAL ROAD IN THE CITY OF CUSCO."

The main objective of the research was to analyze the mechanical behavior of fiber-reinforced hydraulic concrete by applying the British Technical Report No. 34 - Design Method, which is based on designing a Wirand metal fiber reinforced slab, for this purpose an example is used. by using a real project.

The methodology contained in the research is: Quantitative Approach, Descriptive Level, Hypothetical - Deductive Method and Experimental Design. For this purpose, cylindrical and prismatic specimens (beam type) of a concrete $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ with a maximum nominal aggregate size of 1", were prepared. Standard concrete; Compared to other concretes with dosages of 20 kg, 35 kg and 50 kg of Wirand FF1 metallic fibers per cubic meter of concrete. Taking into account that the sampling method that the research developed was for convenience since the sample elements were prepared, where the population number is equal to the sample number, with a total of 72 specimens, including 24 prismatic test tubes and 48 cylindrical test tubes.

With this, it was sought to analyze the mechanical behavior of the concrete, for which they were evaluated in resistance to compression, traction and flexion at curing ages of 7 and 28 days.

It was obtained as a result that the maximum values reached for compression, traction and flexion are for a dosage of $50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ of the Wirand FF1 fiber at 28 days, for compression resistance there is an improvement of 43.80%, for traction 34.94 % and for bending 57.28% compared to the standard concrete, therefore, a higher dosage will mean a greater mechanical behavior. In the bending test, it was verified that the values obtained are greater than 3.4 MPa, complying with the provisions of Technical Standard CE.010 Urban Pavements of the National Building Regulations.

The purpose of the research being to develop a design guide for concrete reinforced with steel fibers applied to pavements, due to the advantages obtained in the construction and operation of these structures by the use of this material.

Keywords: Wirand FF1 Fiber, Technical Report No. 34, Rigid Pavement, Compressive strength, Indirect tensile strength, Flexural strength.



Introducción

En la Región de Cusco, tenemos vías principales de alto tránsito las cuales se encuentran en condiciones desfavorables que afectan la seguridad y confort de los usuarios, siendo un problema en nuestro medio la falta de aplicación de nuevos métodos que garanticen la serviciabilidad del pavimento.

La presente investigación se enfoca en el concreto fibroreforzado aplicado a losas industriales de pavimento rígido, comparando analíticamente las diferentes variaciones del comportamiento mecánico del concreto, así como detallar cuantitativamente las mejoras experimentales que se generen. Puesto que una de las principales mejoras que aporta las fibras metálicas es la disminución considerable de fisuras, aumento en la ductilidad del elemento, incremento de la resistencia a la flexión, mayor capacidad para absorber energía. Asimismo, el ahorro del tiempo debido a la eliminación de la colocación y control de acero convencional y la facilidad de adición a la mezcla. La respuesta mecánica del concreto reforzado con fibras depende de las dimensiones y la cantidad de fibra que se incorpora a la matriz.

La investigación cuenta con los siguientes capítulos: Capítulo I: Planteamiento del problema, capítulo II: Marco Teórico, capítulo III: Metodología, capítulo IV: Resultados, capítulo V: Discusiones, glosario, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, anexos y apéndice.



Índice General

Dedicatoria	vii
Agradecimientos.....	viii
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	xi
Índice General	xii
Índice de Tablas	xviii
Índice de Figuras	xx
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema	6
1.2 Justificación e Importancia de la investigación.....	6
1.2.1 Justificación técnica.	6
1.2.2 Justificación social.	7
1.2.3 Justificación por viabilidad.	7
1.2.4 Justificación por relevancia.	7
1.3 Limitaciones de la investigación	7
1.3.1 Limitaciones geográficas.....	7
1.3.2 Limitaciones económicas	8
1.3.3 Limitaciones del material	8
1.3.4 Limitaciones de estudio.....	8
1.4 Objetivo de la Investigación.....	9
1.4.1 Objetivos generales.	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
Capitulo II: Marco Teórico	11
2.1 Antecedentes de la tesis.....	11
2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional.	11
2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional.....	13



2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes	14
2.2.1 Concreto hidráulico.....	14
2.2.2 Concreto asfáltico.....	14
2.2.3 Componentes y complementos del concreto.....	14
2.2.4 Propiedades del Concreto.....	17
2.2.5 Fisuración del Concreto	19
2.2.6 Fibras en el concreto	21
2.2.7 Tipos de Vías Urbanas	32
2.2.8 Pavimentos	34
2.2.9 Diseño de pavimentos	37
2.2.10 Procedimiento constructivo de un pavimento Rígido	59
2.3 Hipótesis.....	62
2.3.1 Hipótesis general.....	62
2.3.2 Sub hipótesis.....	62
2.4 Definición de variables.....	62
2.4.1 Variables Independientes	62
2.4.2 Variables Dependientes.....	63
2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables	64
Capitulo III: Metodología.....	65
3.1 Metodología de la investigación	65
3.1.1 Enfoque de la investigación.....	65
3.1.2 Nivel de la investigación.....	65
3.1.3 Método de Investigación	65
3.2 Diseño de la Investigación	65
3.2.1 Diseño metodológico.....	65
3.2.2 Diseño de Ingeniería.....	66
3.3 Población y Muestra.....	67
3.3.1 Población:.....	67
3.3.2 Muestra.....	67
3.3.3 Criterios de inclusión	69
3.4 Instrumentos	69
3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	69
3.4.2 Instrumentos de Ingeniería	79



3.5	Procedimientos de Recolección de datos.	81
3.5.1	Ensayo de Granulometría de los Agregados	81
3.5.2	Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados.....	88
3.5.3	Ensayo de Peso específico y Absorción de los Agregados	92
3.5.4	Ensayo de Peso Unitario de los agregados.....	99
3.5.5	Elaboración y Curado de las probetas de concreto	106
3.5.6	Ensayo de Consistencia.....	120
3.5.7	Ensayo de Resistencia a Compresión.....	122
3.5.8	Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta.....	133
3.5.9	Ensayo de Resistencia a la Flexión	144
3.6	Procedimientos de Análisis de datos.....	155
3.6.1	Método de Diseño Technical Report N° 34	155
3.6.2	Método de diseño AASHTO 93	166
3.6.3	Ensayo de Granulometría de los agregados	171
3.6.4	Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados.....	174
3.6.5	Ensayo de Peso específico y Absorción de los Agregados	176
3.6.6	Ensayo de Peso Unitario de los agregados.....	178
3.6.7	Diseño de mezcla ACI comité 211 – Concreto 280 kg/cm ²	180
3.6.8	Ensayo de Consistencia.....	189
3.6.9	Ensayo de Resistencia a Compresión.....	190
3.6.10	Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta.....	199
3.6.11	Ensayo de Resistencia a la Flexión	208
Capítulo IV:	Resultados	217
4.1	Resultados de las propiedades de los agregados.	217
4.2	Resultados del Revenimiento del Concreto (Slump Test).	217
4.3	Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m ³ , 35 kg/m ³ y 50 kg/m ³	219
4.3.1	Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón.....	219
4.3.2	Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	220
4.3.3	Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	220



4.3.4	Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	221
4.3.5	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m ³ , 35 kg/m ³ y 50 kg/m ³	221
4.3.6	Variación de la Resistencia a la compresión a los 7 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes.....	222
4.3.7	Resistencia a la compresión a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m ³ , 35 kg/m ³ y 50 kg/m ³	222
4.3.8	Variación de la Resistencia a la compresión a los 28 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes.....	223
4.3.9	Tipos de fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a compresión 224	
4.4	Resultados de la resistencia a Tracción Indirecta del concreto patrón y el concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m ³ , 35 kg/m ³ y 50 kg/m ³	225
4.4.1	Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón 225	
4.4.2	Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	226
4.4.3	Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	226
4.4.4	Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	227
4.4.5	Resistencia a la tracción indirecta a los 7 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m ³ , 35 kg/m ³ y 50 kg/m ³	227
4.4.6	Variación de la Resistencia a la tracción indirecta a los 7 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes.....	228
4.4.7	Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m ³ , 35 kg/m ³ y 50 kg/m ³	228



4.4.8	Variación de la Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes	229
4.4.9	Tipos de fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a tracción indirecta.....	230
4.5	Resultados de la resistencia a flexión del concreto patrón y el concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m ³ , 35 kg/m ³ y 50 kg/m ³	231
4.5.1	Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto patrón	231
4.5.2	Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	232
4.5.3	Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	232
4.5.4	Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	233
4.5.5	Módulo de Rotura (MPa) a la edad de 7 días de curado.	233
4.5.6	Carga Máxima soportada por la probeta prismática a 7 días de curado.....	234
4.5.7	Módulo de Rotura (Mpa) a la edad de 28 días de curado.	234
4.5.8	Carga Máxima soportada por la probeta prismática a 28 días de curado.....	235
4.5.9	Tipos de fallas presentadas en especímenes prismáticos ensayados a flexión...	236
4.6	Resultados del diseño Británico Technical Report N°34	237
4.6.1	Detalles del pavimento diseñando según el método Británico Technical Report N° 34	239
4.7	Resultados del diseño AASHTO 93	240
4.7.1	Detalles del pavimento diseñando según el método AASHTO 93	241
4.8	Análisis comparativo del concreto fibroreforzado frente al concreto tradicional.	242
4.8.1	Acerca del Diseño	242
4.8.2	Procedimiento constructivo.....	242
4.8.3	Factor Económico	242
4.9	Ventajas y desventajas entre el método de diseño TR-34 y AASHTO 93.....	243
Capítulo V: Discusión		244
5.1	Contraste de resultados respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico	244
5.2	Interpretación de los resultados encontrados en la investigación	246
5.3	Comentario de la demostración de la hipótesis	247



5.4 Aporte de la investigación.....	248
Glosario	249
Conclusiones	251
Recomendaciones.....	253
Referencias	254
Apéndices	257
Apéndice 01: Matriz de consistencia	257
Apéndice 02: Diseño de mezcla	258
Apéndice 03: Resultados de laboratorio.....	269
Apéndice 04: Certificado de calibración	293
Apéndice 05: Certificado de INACAL (Instituto Nacional de Calidad).....	299
Anexos.....	310
Anexo 01: Ficha técnica de la fibra Wirand FF1	310



Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Clases de mezclas según su Asentamiento.</i>	18
Tabla 2. <i>Características mecánicas de las fibras de distintos materiales</i>	25
Tabla 3. <i>Tipos de fibra Maccaferri.</i>	29
Tabla 4. <i>Especificaciones técnicas de la Fibra Metálica FFI</i>	29
Tabla 5. <i>Parámetros del concreto</i>	38
Tabla 6. <i>Resistencia Equivalente de las Fibras de Acero</i>	39
Tabla 7. <i>Valores recomendados para la confiabilidad (R), Desviación estándar normal (Zr) y Error estándar combinado (So)</i>	51
Tabla 8. <i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	64
Tabla 9. <i>Cuantificación de la muestra</i>	68
Tabla 10. <i>Aceros Corrugados para juntas longitudinales</i>	165
Tabla 11. <i>Dowells o Pasadores para juntas transversales</i>	166
Tabla 12. <i>Confiabilidad y Desviación Estándar normal para Tp14</i>	166
Tabla 13. <i>Servicialidad de acuerdo al tipo de tráfico</i>	167
Tabla 14. <i>Resistencia a la flexotracción del concreto</i>	168
Tabla 15. <i>Calidad de drenaje y % de exposición próximo a saturación</i>	168
Tabla 16. <i>Aceros Corrugados</i>	171
Tabla 17. <i>Dowells o Pasadores</i>	171
Tabla 18. <i>Resumen de características físicas de los agregados y cemento.</i>	181
Tabla 19. <i>Cálculo del f'_{cr} sin registro de probetas anteriores</i>	181
Tabla 20. <i>Contenido de aire atrapado</i>	181
Tabla 21. <i>Contenido de agua</i>	182
Tabla 22. <i>Relación agua/cemento</i>	182
Tabla 23. <i>Volumen del agregado grueso</i>	183
Tabla 24. <i>Peso de los materiales por m³ de concreto</i>	185
Tabla 25. <i>Peso de los materiales corregidos por humedad por m³ de concreto</i>	186
Tabla 26. <i>Dosificación optima por m³ de concreto más 13% Desperdicio</i>	186
Tabla 27. <i>Dosificación optima por kg de cemento y por tanda de bolsa</i>	187
Tabla 28. <i>Distribución de muestras por tanda</i>	188
Tabla 29. <i>Dosificación por tanda - concreto patrón - concreto adicionado con fibras.</i>	189
Tabla 30. <i>Propiedades de los agregados de la cantera Combapata y Vicho</i>	217
Tabla 31. <i>Resultados finales de revenimiento del concreto.</i>	217



Tabla 32. <i>Resultados finales de resistencia a compresión clasificada por dosificación y edad.</i>	219
Tabla 33. <i>Resultados finales de resistencia a Tracción Indirecta clasificado por dosificación y edad.</i>	225
Tabla 34. <i>Resultados finales de la Resistencia a Flexión clasificado por dosificación y edad.</i>	231
Tabla 35. <i>Ventajas y desventajas entre el método de diseño TR-34 y AASHTO 93</i>	243



Índice de Figuras

Figura 1. <i>Serviciabilidad del pavimento rígido</i>	2
Figura 2. <i>Estado del pavimento flexible de la Avenida la Cultura</i>	3
Figura 3. <i>Ubicación del tramo a estudiar</i>	5
Figura 4. <i>Incremento de la adherencia fibra-concreto con la forma de la fibra.</i>	23
Figura 5. <i>Importancia de la resistencia a la tracción de la fibra.</i>	24
Figura 6. <i>Ejemplo de fibra metálica con anclaje en las extremidades</i>	26
Figura 7. <i>Ejemplo de diferentes formas de fibras metálicas</i>	26
Figura 8. <i>Taller de mantenimiento Cerro Verde - Arequipa, Perú, 2018</i>	28
Figura 9. <i>Esquema de concentración de tensiones para un concreto sin refuerzo de fibras.</i> 30	
Figura 10. <i>Esquema de concentración de tensiones para un concreto con refuerzo de fibras</i>	31
Figura 11. <i>Comportamiento a flexión de un concreto simple y un concreto con fibras</i>	32
Figura 12. <i>Comportamiento dúctil de un concreto con fibra</i>	32
Figura 13. <i>Tipos de vías urbanas</i>	33
Figura 14. <i>Partes del pavimento rígido</i>	35
Figura 15. <i>Relación entre el módulo de reacción de la subrasante y el CBR in situ</i>	36
Figura 16. <i>Enfoque para una carga puntual.</i>	41
Figura 17. <i>Cálculo equivalente del área de contacto de 2 cargas puntuales cercanas.</i>	41
Figura 18. <i>Definición de ubicaciones de cargas</i>	42
Figura 19. <i>Carga en dos puntos</i>	44
Figura 20. <i>Carga en cuatro puntos</i>	45
Figura 21. <i>Perímetros críticos para punzonamiento para cargas internas, de borde y de esquina</i>	45
Figura 22. <i>Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)</i>	47
Figura 23. <i>Factores de Distribución Direccional y de Carril</i>	48
Figura 24. <i>Tasa anual de crecimiento de acuerdo al periodo de diseño y el factor sin crecimiento.</i>	49
Figura 25. <i>Cantidad de Reiteraciones Acumuladas de EE de 8.2tn.</i>	49
Figura 26. <i>Cantidad de Reiteraciones Acumuladas de EE de 8.2tn, en el carril de diseño</i> ..	50
Figura 27. <i>Numero de Reiteraciones Acumuladas de EE de 8.2tn.</i>	50
Figura 28. <i>Parámetros de Serviabilidad de acuerdo a los Ejes Equivalentes Acumulados.</i> 51	
Figura 29. <i>Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad y Desviación Estándar Normal.</i>	52



Figura 30. <i>Suelo y coeficiente de reacción</i>	53
Figura 31. <i>Valores recomendados de resistencia del concreto según tráfico</i>	53
Figura 32. <i>Condiciones de drenaje</i>	54
Figura 33. <i>Porcentaje del tiempo del pavimento expuesto a humedad</i>	54
Figura 34. <i>Valores de coeficiente de transmisión de carga (J)</i>	55
Figura 35. <i>Dimensiones de Losa</i>	57
Figura 36. <i>Longitudes y diámetros recomendados para Dowells</i>	58
Figura 37. <i>Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre de 150 a 240 mm de espesor</i>	58
Figura 38. <i>Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre de 250 a 300 mm de espesor</i>	59
Figura 39. <i>Vaciado de concreto con mixer</i>	59
Figura 40. <i>Vibrado y nivelación de los tramos del pavimento</i>	59
Figura 41. <i>Detalle de las juntas y acabado final</i>	60
Figura 42. <i>Dosificación de fibras utilizando baldes como medida standard</i>	60
Figura 43. <i>Se vacía los baldes directamente dentro del mixer</i>	60
Figura 44. <i>Las fibras se adicionan al concreto premezclado</i>	61
Figura 45. <i>Luego de colocar las fibras se realiza la medición del Slump</i>	61
Figura 46. <i>Aspecto de la mezcla totalmente uniforme sin bolas o grumos de fibras</i>	61
Figura 47. <i>Flujograma de actividades para el diseño de ingeniería</i>	66
Figura 48. <i>Formato de Recolección de datos - Análisis granulométrico del agregado fino</i> .	70
Figura 49. <i>Formato de Recolección de datos - Análisis granulométrico del agregado grueso</i>	71
Figura 50. <i>Formato de Recolección de Datos - Contenido de Humedad del Agregado Fino</i>	72
Figura 51. <i>Formato de Recolección de Datos- Contenido de Humedad del Agregado Grueso</i>	72
Figura 52. <i>Formato de Recolección de datos - Peso específico y absorción del Agregado fino</i>	73
Figura 53. <i>Formato de Recolección de datos - Peso específico y absorción del Agregado grueso</i>	73
Figura 54. <i>Formato de Recolección de Datos - Peso Unitario del Agregado Fino</i>	74
Figura 55. <i>Formato de Recolección de Datos - Peso Unitario del Agregado Grueso</i>	74
Figura 56. <i>Formato de recolección de datos – Ensayo de Consistencia</i>	75
Figura 57. <i>Formato de Recolección de Datos – Resistencia a la Compresión</i>	76



Figura 58. <i>Formato de Recolección de Datos - Resistencia a la Tracción Indirecta</i>	77
Figura 59. <i>Formato de Recolección de Datos - Resistencia a la Flexión</i>	78
Figura 60. <i>Cuarteo de la muestra del Agregado fino</i>	81
Figura 61. <i>Proceso de tamizado del Agregado fino</i>	82
Figura 62. <i>Se realizó el registro de los pesos del material retenido</i>	82
Figura 63. <i>Luego del registro, se colocó el material retenido en recipientes.</i>	83
Figura 64. <i>Gradación del Agregado fino</i>	83
Figura 65. <i>Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del agregado fino.</i>	84
Figura 66. <i>Cuarteo de la muestra del Agregado grueso</i>	85
Figura 67. <i>Proceso de tamizado del Agregado grueso</i>	86
Figura 68. <i>Realización del tamizado a mano</i>	86
Figura 69. <i>Gradación del Agregado grueso</i>	86
Figura 70. <i>Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del agregado grueso</i>	87
Figura 71. <i>Colocación del agregado fino en los recipientes</i>	88
Figura 72. <i>Peso de una muestra del Agregado fino con humedad</i>	88
Figura 73. <i>Muestras de Agregado fino colocadas en el horno</i>	89
Figura 74. <i>Peso de una muestra del Agregado fino sin humedad.</i>	89
Figura 75. <i>Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado Fino</i>	90
Figura 76. <i>Peso de uno de los recipientes.</i>	90
Figura 77. <i>Peso de una muestra del Agregado grueso con humedad.</i>	91
Figura 78. <i>Peso de una muestra del Agregado grueso sin humedad.</i>	91
Figura 79. <i>Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado Grueso</i>	92
Figura 80. <i>Selección de muestra del Agregado fino.</i>	93
Figura 81. <i>Muestra de Agregado fino sometida a una corriente suave de aire caliente.</i>	93
Figura 82. <i>Muestra de Agregado fino dentro del cono.</i>	94
Figura 83. <i>Muestra de Agregado fino en estado superficialmente seco.</i>	94
Figura 84. <i>Peso de la Muestra del Agregado fino.</i>	95
Figura 85. <i>Uso de la bomba de vacíos para eliminación del aire en la Fiola.</i>	95
Figura 86. <i>Peso de la fiola más agua y el Agregado fino.</i>	96
Figura 87. <i>Recolección de datos para el Peso específico y absorción del Agregado Fino</i>	96
Figura 88. <i>Agregado Grueso sumergido por 24 horas.</i>	97
Figura 89. <i>Uso de la tela para quitar la humedad del agregado Grueso.</i>	98
Figura 90. <i>Peso de la muestra del Agregado Grueso sumergido en el cestillo.</i>	98
Figura 91. <i>Recolección de datos para el Peso específico y absorción del Agregado Grueso</i>	99



Figura 92. <i>Determinación del diámetro y altura del molde con vernier.</i>	100
Figura 93. <i>Peso de una muestra del Agregado fino más el molde.</i>	100
Figura 94. <i>Compactación del agregado fino en el molde metálico con la varilla metálica de 5/8”</i>	101
Figura 95. <i>Enrasado del Agregado fino dentro del molde.</i>	101
Figura 96. <i>Recolección de datos para el Peso Unitario del Agregado Fino.</i>	102
Figura 97. <i>Determinación del peso del molde.</i>	103
Figura 98. <i>Peso de una muestra del Agregado grueso más el molde.</i>	103
Figura 99. <i>Compactación del agregado grueso en el molde metálico con la varilla metálica de 5/8”</i>	104
Figura 100. <i>Enrasado del Agregado grueso dentro del molde.</i>	104
Figura 101. <i>Peso de una muestra del material compactado junto con el molde.</i>	105
Figura 102. <i>Recolección de datos para el Peso Unitario del Agregado Grueso.</i>	105
Figura 103. <i>Briqueteras a utilizar en el vaciado de probetas por tanda</i>	106
Figura 104. <i>Briqueteras humectadas con petróleo para facilitar el posterior desmoldado</i>	107
Figura 105. <i>Peso de las fibras metálicas FF1 por tanda</i>	107
Figura 106. <i>Peso de la cantidad de cemento por tanda</i>	108
Figura 107. <i>Peso de los agregados por tanda</i>	108
Figura 108. <i>Colocación de agua en la mezcladora</i>	109
Figura 109. <i>Colocación de las fibras metálicas Wirand FF1</i>	109
Figura 110. <i>Vaciado de mezcla para un concretó $f'c=280$ kg/cm²</i>	109
Figura 111. <i>Concreto adicionado con fibras metálicas Wirand FF1</i>	110
Figura 112. <i>Varillado de las briquetas cada 3 capas, 25 golpes.</i>	110
Figura 113. <i>Varillado de concreto en las briqueteras.</i>	111
Figura 114. <i>Elaboración de las probetas cilíndricas.</i>	111
Figura 115. <i>Golpeado con el mazo de goma en el exterior de la briqueteras.</i>	112
Figura 116. <i>Enrasado de las probetas de concreto</i>	112
Figura 117. <i>Desencofrado de las probetas de concreto tras 24 h de haber realizado el vaciado</i>	113
Figura 118. <i>Probetas cilíndricas que serán sumergidas en agua para el curado.</i>	114
Figura 119. <i>Probetas totalmente sumergidas para luego ser ensayadas a edades de 7 y 28 días.</i>	114
Figura 120. <i>Selección de las 3 probetas que serán totalmente sumergidas</i>	115



Figura 121. <i>Probetas prismáticas humectadas con petróleo para facilitar el posterior desmoldado.....</i>	116
Figura 122. <i>Peso de la cantidad de cemento por tanda</i>	116
Figura 123. <i>Peso de la cantidad de fibras por tanda</i>	117
Figura 124. <i>Adición de fibras metálicas FF1 en la mezcladora</i>	117
Figura 125. <i>Varillado de las probetas prismáticas cada 3 capas, 25 golpes.</i>	118
Figura 126. <i>Enrazado de las probetas prismáticas de concreto</i>	119
Figura 127. <i>Desencofrado de las probetas prismáticas de concreto tras 24 h de haber realizado el vaciado</i>	119
Figura 128. <i>Probetas prismáticas totalmente sumergidas para luego ser ensayadas a edades de 7 y 28 días.....</i>	120
Figura 129. <i>Medición del asentamiento del concreto en la prueba del Slump</i>	121
Figura 130. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Consistencia.....</i>	121
Figura 131. <i>Peso de la probeta cilíndrica de 15cm x 30cm.....</i>	122
Figura 132. <i>Medición del diámetro de la probeta cilíndrica a ensayar</i>	123
Figura 133. <i>Carga máxima aplicada hasta llegar a la ruptura de la briqueta</i>	123
Figura 134. <i>Ruptura de la briqueta sometida al ensayo a compresión</i>	124
Figura 135. <i>Briqueta sometida al ensayo a compresión</i>	124
Figura 136. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto patrón.</i>	125
Figura 137. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	126
Figura 138. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	127
Figura 139. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	128
Figura 140. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto patrón.</i>	129
Figura 141. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	130
Figura 142. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	131
Figura 143. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	132



Figura 144. <i>Medición de la altura de la probeta cilíndrica a ensayar</i>	133
Figura 145. <i>Carga máxima aplicada hasta llegar a la ruptura a la briqueta</i>	134
Figura 146. <i>Briqueta sometida al ensayo de tracción indirecta</i>	134
Figura 147. <i>Retiro de briqueta después de someterla al ensayo de tracción indirecta</i>	135
Figura 148. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto patrón.</i>	136
Figura 149. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	137
Figura 150. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	138
Figura 151. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	139
Figura 152. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto patrón.</i>	140
Figura 153. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	141
Figura 154. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	142
Figura 155. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	143
Figura 156. <i>Medición de las dimensiones de probetas prismáticas</i>	144
Figura 157. <i>Realización de rectas finas sobre la probeta prismática que marca las secciones de apoyo.</i>	145
Figura 158. <i>Probeta prismática sometida a flexión</i>	145
Figura 159. <i>Retiro de probetas prismáticas después de someterla al ensayo de flexión</i>	146
Figura 160. <i>Comportamiento dúctil de la probeta prismática fibroreforzado</i>	146
Figura 161. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto patrón.</i>	147
Figura 162. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	148
Figura 163. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	149
Figura 164. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	150



Figura 165. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto patrón.</i>	151
Figura 166. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	152
Figura 167. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	153
Figura 168. <i>Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	154
Figura 169. <i>Camión de diseño SLW60</i>	155
Figura 170. <i>Calculo de las Ecuaciones AASHTO 1993</i>	170
Figura 171. <i>Análisis granulométrico del Agregado fino</i>	172
Figura 172. <i>Análisis granulométrico del Agregado grueso.</i>	173
Figura 173. <i>Contenido de humedad del agregado fino</i>	175
Figura 174. <i>Contenido de humedad del agregado grueso.</i>	176
Figura 175. <i>Peso específico y absorción del agregado fino.</i>	177
Figura 176. <i>Peso específico y absorción del agregado grueso.</i>	178
Figura 177. <i>Análisis de datos del peso unitario del Agregado Fino.</i>	179
Figura 178. <i>Análisis de datos del peso unitario del Agregado Grueso.</i>	180
Figura 179. <i>Dimensiones de una probeta de sección prismática</i>	187
Figura 180. <i>Dimensiones de una briqueta</i>	187
Figura 181. <i>Revenimiento del concreto en estado fresco.</i>	189
Figura 182. <i>Vista General de una probeta cilíndrica sometida a ensayo de compresión ...</i>	190
Figura 183. <i>Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto patrón.</i>	191
Figura 184. <i>Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	192
Figura 185. <i>Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	193
Figura 186. <i>Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	194
Figura 187. <i>Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto patrón.</i>	195
Figura 188. <i>Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	196
Figura 189. <i>Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	197



Figura 190. <i>Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	198
Figura 191. <i>Vistas Generales una probeta cilíndrica sometida al ensayo de tracción indirecta</i>	199
Figura 192. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto patrón.</i>	200
Figura 193. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	201
Figura 194. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	202
Figura 195. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	203
Figura 196. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto patrón.</i>	204
Figura 197. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	205
Figura 198. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	206
Figura 199. <i>Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	207
Figura 200. <i>Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto</i>	208
Figura 201. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto patrón.</i>	209
Figura 202. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	210
Figura 203. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	211
Figura 204. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	212
Figura 205. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto patrón.</i>	213
Figura 206. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.</i>	214
Figura 207. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.</i>	215
Figura 208. <i>Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.</i>	216
Figura 209. <i>Resultados finales de Revenimiento del concreto</i>	217



Figura 210. <i>Disminución del Revenimiento del concreto, respecto al concreto patrón.</i>	218
Figura 211. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto patrón</i>	219
Figura 212. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras metálicas de 20 kg/m³.</i>	220
Figura 213. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras metálicas de 35 kg/m³.</i>	220
Figura 214. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras metálicas de 50 kg/m³.</i>	221
Figura 215. <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas a los 7 días de curado.</i>	221
Figura 216. <i>Variación porcentual del ensayo de compresión a los 7 días de curado.</i>	222
Figura 217. <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas a los 28 días de curado.</i>	222
Figura 218. <i>Variación porcentual del ensayo de compresión a los 28 días de curado.</i>	223
Figura 219. <i>Tipos de falla adoptada de la norma ASTM C-39</i>	224
Figura 220. <i>Fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a compresión.....</i>	224
Figura 221. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón</i>	225
Figura 222. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto reforzado con fibras metálicas de 20 kg/m³.</i>	226
Figura 223. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto reforzado con fibras metálicas de 35 kg/m³.</i>	226
Figura 224. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto reforzado con fibras metálicas de 50 kg/m³.</i>	227
Figura 225. <i>Resultados finales de Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días de curado.</i>	227
Figura 226. <i>Variación porcentual del ensayo a la tracción indirecta a los 7 días de curado.</i>	228
Figura 227. <i>Resultados finales de Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días de curado.</i>	228
Figura 228. <i>Variación porcentual del ensayo a la tracción indirecta a los 28 días de curado.</i>	229



Figura 229. <i>Tipos de falla de especímenes cilíndricos a tracción indirecta, según la norma ASTM C1144 - 89</i>	230
Figura 230. <i>Fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a tracción indirecta</i>	230
Figura 231. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto patrón</i>	231
Figura 232. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas de 20 kg/m³.</i>	232
Figura 233. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas de 35 kg/m³.</i>	232
Figura 234. <i>Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas de 50 kg/m³.</i>	233
Figura 235. <i>Resultados finales de Modulo de Rotura (MPa) a los 7 días de curado.</i>	233
Figura 236. <i>Resultados finales de la Carga Máxima soportada por las probetas prismáticas a los 7 días de curado.</i>	234
Figura 237. <i>Resultados finales de Modulo de Rotura (Mpa) a los 28 días de curado.</i>	234
Figura 238. <i>Resultados finales de la Carga Máxima soportada por las probetas prismáticas a los 28 días de curado.</i>	235
Figura 239. <i>Falla frágil presentada en especímenes prismáticos sin refuerzo</i>	236
Figura 240. <i>Falla dúctil presentada en especímenes prismáticos con refuerzo</i>	236
Figura 241. <i>Estructura del pavimento rígido según el método Británico TR-34</i>	237
Figura 242. <i>Detalles de secciones viales propuestas de acuerdo al diseño de pavimento TR-34</i>	239
Figura 243. <i>Estructura del pavimento rígido según el método AASHTO 93</i>	240
Figura 244. <i>Detalles de secciones viales propuestas de acuerdo al diseño de pavimento AASHTO 93</i>	241



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1 Identificación del Problema

1.1.1 Descripción del problema

La invariabilidad y la estandarización del uso de componentes del concreto convencional en el diseño de los pavimentos rígidos, viene siendo hasta nuestros días la alternativa de solución en nuestro país y con mayor intensidad en los pavimentos de zonas en expansión y desarrollo urbano, siendo este un problema en nuestro medio por la falta de aplicación de nuevos métodos, y dando como resultado la insatisfacción de los gobiernos locales y la población usuaria con la corta duración de los pavimentos, pese a la inversión requerida y ejecutada no se logra el objetivo trazado, siendo esta de uso temporal debido a la falta de resistencia a flexión del concreto; generando el deterioro prematuro de los pavimentos rígidos.

De acuerdo al Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, los pavimentos flexibles tienen un periodo de diseño de 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años, en cambio el periodo de Diseño para pavimentos rígidos será mínimo de 20 años (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Un problema que se produce en la mayoría de proyectos de construcción de pavimentos son las fallas o fracturas debido a la falta de estudio de las solicitaciones reales que actuarán en la estructura, así también la dificultad del proceso constructivo.

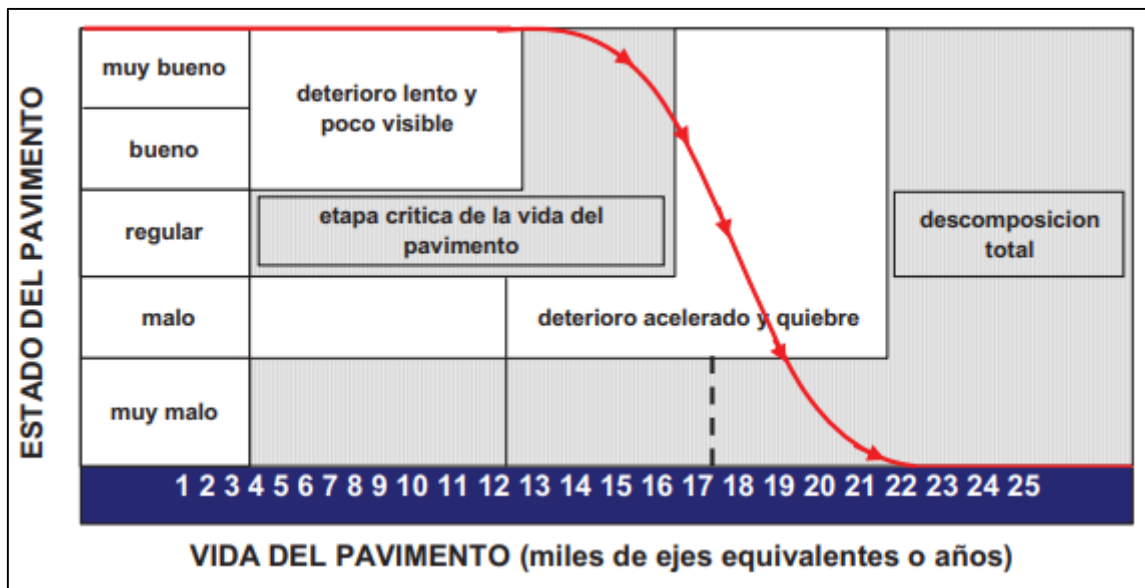
Los pavimentos rígidos no se comportan de manera constante al transcurso del tiempo ya que, al ir deteriorándose, disminuye la serviciabilidad y podría darse el caso de comprometer estructuras a las cuales está soportando el pavimento. Por ello se debe adoptar nuevas metodologías como es el caso de uso y aplicación de fibras de acero dentro del diseño y construcción de losas apoyadas sobre terreno, el cual resulta una solución integral.

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula en la vía, y se magnifica en una escala de 0 a 5, donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente que es un valor ideal que en la práctica no se da. Siendo un valor de apreciación con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).



Figura 1.

Serviciabilidad del pavimento rígido



Nota. Tomado de (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Proyectos de gran intensidad poseen la necesidad de realizar mejoras mecánicas y físicas en el concreto para las diferentes solicitaciones a las cuales serán sometidas, evitando así diferentes fallas, optimizando el costo y tiempo.

El mayor gasto del mantenimiento vial se da en los pavimentos flexibles debido a problemas recurrentes como desprendimientos, alisamientos, exposición de agregados, deformaciones y agrietamientos entre las patologías más relevantes. Por ello, una de las propuestas para prolongar la vida útil de las estructuras mencionadas es la utilización de pavimento rígido de concreto reforzado con fibras de acero dado que esta representa una alternativa durable y sostenible que demanda el país y el planeta.

Los pavimentos rígidos son una buena alternativa para la construcción de carreteras debido a sus ventajas en las que destacan la durabilidad, resistencia, textura, drenaje, seguridad, visibilidad, luminosidad, menores costos de mantenimiento y altos índices de servicio. A diferencia de otros países, los pavimentos rígidos en el Perú no tienen una aplicación extensa ya que han sido considerados en proyectos referidos a la red vial vecinal con poca influencia en la red nacional y departamental.

Los pavimentos flexibles son los más utilizados al momento de pavimentar una carretera debido a sus beneficios entre los que destacan la facilidad de construcción y mantenimiento. En el Perú, el pavimento flexible es ampliamente utilizado por la red vial nacional y departamental.

Actualmente en nuestro medio se cuenta con fibras de acero, lo cual vendría ser una solución para mejorar el comportamiento del concreto; puesto que sus diversas aplicaciones



hacen que sea uno de los productos más empleados por las ventajas que aportan al concreto. Las principales mejoras que proporciona es la disminución de fisuras en la contracción plástica como endurecida y la resistencia a tracción aumenta de manera considerable.

La necesidad de aplicar nuevas metodologías de diseño en los pavimentos nos invita a poder buscar nuevos métodos de diseño que podemos aplicar en nuestro medio como es el método de diseño TR34 (Technical Report No.34), este procedimiento facilita el uso de las propiedades mecánicas naturales del concreto mejorando las propiedades de esfuerzo y comportamiento post fisuración debido a la incorporación de fibras de acero. Los cálculos y consideraciones de diseño de este método están basadas en el Eurocodigo 2.

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y servicios. La estructura de pavimento como parte de la infraestructura vial juega un papel preponderante, ya que su objetivo es ofrecer a los usuarios de vehículos un rodaje cómodo y seguro de igual modo que los peatones puedan caminar sin ninguna dificultad.

Se tiene información de una fuente local, con respecto al pavimento de la Av. de la cultura:

CuscoPost, el 03 de diciembre 2020, El alcalde del Cusco, Víctor Boluarte Medina señaló que las acciones conjuntas para recuperar la deteriorada Av. de la Cultura, son importantes y urgentes porque el estado en la que se encuentra pone en grave riesgo la vida e integridad de los ciudadanos (CuscoPost, 2020).

Figura 2.

Estado del pavimento flexible de la Avenida la Cultura



Nota. La fotografía corresponde al paradero camionero del Distrito de San Sebastián. Tomado de (CuscoPost, 2020).



La presente investigación se enfocó en analizar el comportamiento mecánico del concreto hidráulico para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial de la ciudad del Cusco. Para tal fin se utilizó el método de diseño TR34 (Technical Report No.34). Los cálculos y consideraciones de diseño de este método están basadas en el Eurocodigo 2.

Se verifica el análisis del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de acero, mediante ensayos cilíndricos y prismáticos que se efectuaron en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Materiales ASET INGENIERÍA S.R.L. ubicado en Psje. Miguel Grau B-5, en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Departamento de Cusco. Para cuantificar las mejoras proporcionadas por la adición de fibras de acero al concreto, de ese modo tener nuevas consideraciones en los futuros diseños constructivos de emplear el método de diseño en la Región de Cusco.

Ubicación temporal y geográfica del estudio:

El tramo está ubicado dentro de los límites geográficos del Distrito de San Sebastián. El cual corresponde al principal eje vial de la ciudad del Cusco, que luego se articula a la avenida de la Cultura, vía de ingreso y salida de las unidades vehiculares de la ciudad del Cusco. Otro acceso alternativo es por la vía expresa que se articula con la vía transversal de la Av. Tomas Tuyrutupac, siendo la principal arteria vehicular que conecta el valle sur con el centro de la Ciudad. Por esta vía circula la mayor parte de unidades vehiculares particulares y de transporte público que ingresa o sale del Distrito del Cusco hacia todos los distritos del valle sur y las provincias de Quispicanchis, Sicuani. Para acceder transversalmente a la vía en estudio existen 11 calles vehiculares y dos pasajes peatones que corresponden a diferentes barrios del distrito de San Sebastián cuyos pobladores hacen uso intensivo de estas vías con el fin de articular con la prolongación de la Av. De La Cultura para acceder a los servicios de transporte público.

La ubicación política de la zona de estudio es la siguiente:

- Departamento : Cusco
- Provincia : Cusco
- Distrito : San Sebastián
- Lugar : Av. Cultura entre el cóndor Apuchin y el 4° paradero
- Altitud : 3320.00 m.s.n.m

Geográficamente está ubicada en las coordenadas UTM:

- Vértice A : Norte 6847.0736 Este 11946.8202
- Vértice B : Norte 6597.0604 Este 12901.7790

La longitud del tramo de la Avenida de la cultura entre el cóndor Apuchin y la Av. Tomas Tuyrutupac (4° paradero), es la siguiente: Longitud de la vía = 1,004.55 ml



1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿De qué manera las fibras adicionadas en el concreto hidráulico influyen en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico, en la ciudad del Cusco?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos.

Problema específico N° 1.- ¿Cómo influye la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a compresión del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco?

Problema específico N° 2.- ¿Cómo influye la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a la Tracción Indirecta del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco?

Problema específico N° 3.- ¿Cómo influye la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco?

1.2 Justificación e Importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica.

La presente investigación tiene una justificación teórica y práctica. Con referencia a la parte teórica se utilizó el método de diseño TR34 (Technical Report N° 34). Los cálculos y consideraciones de diseño de este método están basadas en el Eurocodigo 2. Se verificó el análisis del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de acero, mediante ensayos que se efectuaron en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Materiales ASET INGENIERÍA S.R.L, para dar a conocer las ventajas de emplear el método de diseño en la Región de Cusco.

La infraestructura de carreteras es uno de los pilares necesarios para impulsar el desarrollo sostenible de una nación (como es el caso de Perú) y conferir una mejor calidad de vida para los usuarios. Por ello, los proyectos de pavimentación de carreteras y de vías urbanas son una base fundamental para el desarrollo económico sostenible.

Hasta julio del 2021, la red vial nacional de carreteras alcanzo una longitud total de 175,589 km de las cuales 29,579 km se encuentran pavimentados con asfalto y material de afirmado siendo 146,010 km no pavimentados. Menos del 1% de la longitud total pavimentada son construidas con pavimento rígido (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2021).



La presente investigación referente a la rama de pavimentos de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, busca proponer el correcto proceso constructivo del uso del concreto hidráulico con adición de fibras de acero similar a una guía de construcción, y así se mantenga la mejora continua en los proyectos con características similares al propuesto.

1.2.2 Justificación social.

La investigación busca ser una guía para futuras investigaciones en la Universidad Andina del Cusco, así como en otras universidades del país, sobre el diseño de concretos rígidos fibroreforzado en base al método de diseño TR34 (Technical Report N° 34).

En la Región de Cusco, tenemos vías principales de alto tránsito las cuales se encuentran en condiciones desfavorables afectando la seguridad de los conductores como de los transeúntes, la realización de esta investigación ayudara a que los municipios y gobiernos regionales opten por emplear nuevos diseños de pavimentos rígidos en nuestro medio.

1.2.3 Justificación por viabilidad.

El presente trabajo de investigación es viable debido a que se cuenta con el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Materiales ASET INGENIERÍA S.R.L, que tiene los equipos necesarios para realizar los ensayos correspondientes al tema de investigación, además que cuenta con el certificado de INACAL (Instituto Nacional de Calidad).

También es viable puesto que los insumos requeridos son materiales que se encuentran en la Región de Cusco, tanto la fibra de acero, agregado, cemento portland.

1.2.4 Justificación por relevancia.

La importancia de realizar la presente investigación, no solo es verificar el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de acero en el diseño de pavimento rígido, si no, de innovar y buscar nuevos métodos de diseño que se puedan incorporar e implementar en nuestro medio.

De esta manera la Universidad Andina del Cusco contará con estudios reales que puedan servir para proporcionar información, criterios generales y nuevas metodologías para el dimensionamiento, proyecto y ejecución de obras de pavimentos reforzados con fibras en la Región de Cusco.

1.3 Limitaciones de la investigación

La presente investigación se limita a lo siguiente:

1.3.1 Limitaciones geográficas.

- La investigación fue realizada en la Región de Cusco.
- La investigación fue realizada en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Materiales ASET INGENIERÍA S.R.L.



- El tramo en estudio es desde la prolongación Av. la cultura entre el cóndor apuchin y la Av. Tomas Tuyrutupac del distrito de San Sebastián, provincia de Cusco.

1.3.2 Limitaciones económicas

- Se limitó al financiamiento económico propio del tesista para la investigación.
- La investigación se limitó a la utilización del laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Materiales ASET INGENIERÍA S.R.L, distrito de San Sebastián- Cusco.

1.3.3 Limitaciones del material

- Se limitó al uso de cemento Portland tipo IP de la empresa productora de cementos Yura.
- Se limitó a trabajar con agregado fino proveniente de la cantera Combapata
- Se limitó a trabajar con agregado grueso proveniente de la cantera Vicho con un tamaño máximo nominal de 1”.
- Se limitó a trabajar con agua potable proveniente de la ciudad del Cusco.
- Se limitó a utilizar fibras Wirand FF1, en adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas.

1.3.4 Limitaciones de estudio.

- Para la realización de los cálculos correspondientes al diseño TR-34(Technical Report N° 34), se hizo uso de datos proporcionados de un proyecto real siendo así que se limitó a usar como camión de diseño SLW60 esto debido a que es la máxima carga que puede soportar el pavimento y de igual modo se limitó el módulo de reacción de la subrasante a un valor de 0.085 N/mm³.
- La investigación estudio el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de acero mediante las muestras del diseño de pavimento rígido en especímenes cilíndricos y prismático.
- Se limitó el curado de los especímenes de concreto por sumersión.
- Se limitó el uso de la NTP 400.012:2013, para definir el método que determine la granulometría de los agregados.
- Se limitó el uso de la ASTM – D2216, para definir el método que determine el porcentaje de humedad del agregado grueso y del agregado fino.
- Se limitó el uso de la NTP 400.021:2013, para definir el método que determine el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso.



- Se limitó el uso de la NTP 400.022:2013, para definir el método que determine el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino.
- Se limitó el uso de la NTP 400.017:2011, para definir el método que determine el peso unitario de los agregados.
- Se limitó a utilizar el método ACI - 211 para obtener el diseño de mezclas, con una resistencia de diseño igual a 280 kg/cm².
- Se limitó a utilizar probetas de concreto con dimensiones de 15cm de diámetro y 30cm de altura, para la evaluación de la Resistencia a la Compresión y Tracción.
- Se limitó a utilizar probetas de sección prismática con dimensiones de la parte de la sección cuadrada lado de 6 pulgadas x 6 pulgadas, lado 54 cm, para la evaluación de Flexión.
- Moldeado de especímenes ASTM C31: El moldeo de especímenes se desarrolla siguiendo las indicaciones del ASTM C31 el cual indica el proceso para preparar los especímenes cilíndricos y prismáticos a utilizar en otros ensayos.
- Se limitó el uso de la NTP 339.035:2015, para definir el método que determine la consistencia del concreto en estado fresco.
- Se limitó el uso de la NTP 339.034:2015, para definir el método que determine la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- Se limitó el uso de la NTP 339.084:2012, para definir el método que determine la resistencia a la tracción indirecta del concreto.
- Se limitó el uso de la NTP 339.078:2012, para definir el método que determine la resistencia a la flexión del concreto en probetas prismáticas.
- Se limitó el uso del programa Microsoft Excel para realizar los cálculos de los diferentes ensayos mencionados anteriormente.

1.4 Objetivo de la Investigación

1.4.1 Objetivos generales.

Determinar la influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.

1.4.2 Objetivos específicos.

Objetivo específico N° 1.- Determinar la influencia de la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a compresión



del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.

Objetivo específico N° 2.- Determinar la influencia de la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a la Tracción Indirecta del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.

Objetivo específico N° 3.- Determinar la influencia de la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la tesis

2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional.

2.1.1.1 Antecedente Nacional N° 01

Según De la Cruz & Quispe (2014) en su tesis de pregrado titulada *"Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga -Ayacucho"* de la Universidad Nacional de Huancavelica, tuvo como objetivo estudiar la influencia de la incorporación de fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto. Para llevar a cabo la investigación se realizaron ensayos comparativos entre un concreto patrón (dosificación sin fibra de acero) y concreto reforzado con fibras de acero (SFRC). Para lo cual el trabajo se dividió en 2 fases: una investigación bibliográfica que determinó la metodología de diseño y una investigación experimental para corroborar los conceptos inherentes al uso del SFRC y a su vez, comprobar los parámetros de diseño existentes en diferentes especificaciones técnicas de fibras metálicas. La investigación experimental desarrollada se basó en determinar utilizando una resistencia de concreto específica ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) con tamaño máximo nominal de agregado de 1" y un tipo de fibra (Wirand FF1) en probetas cilíndricas y prismáticas (tipo viga), con el objetivo de comprobar el comportamiento mecánico de estos elementos y determinar si los datos de las especificaciones técnicas tienen validez. En la investigación se logró verificar la comparación de una mezcla patrón para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con una mezcla adicionada con fibra Wirand FF1 con 20 kg/m^3 para lo cual se realizaron briquetas y probetas prismáticas para verificar su resistencia a compresión y flexión. Los valores obtenidos en las probetas moldeadas a una edad de 7, 14 y 28 días reflejan un aumento en las propiedades mecánicas del concreto con la utilización de las fibras Wirand siendo el resultado un valor promedio de 272 kg/cm^2 a la edad de 28 días. Las vigas se ensayaron a la edad de 14, 28 y 45 días, se obtuvo mejores resultados a la edad de 45 días, resultando ser un promedio de 44 kg/cm^2 .

La tesis mencionada sirvió para tener un mayor alcance en lo que respecta al diseño de concreto reforzado con fibras de acero aplicado en pavimentos. Siendo así, que en la tesis se obtuvo que la adición de fibra de acero es un factor relevante en el aumento de la resistencia a la flexión del concreto donde influye significativamente la edad del espécimen a ensayar para la obtención del módulo de rotura y el aporte de las fibras a la resistencia a compresión del concreto es que evita que se tenga una falla frágil, dándole ductilidad al compuesto.



2.1.1.2 Antecedente Nacional N° 02

Según Montalvo (2015) en su tesis de pregrado titulada *“Pavimentos Rígidos Reforzados con fibras de acero versus Pavimentos Tradicionales”* de la Pontificia Universidad Católica del Perú, donde el fin de la tesis fue de presentar el concreto reforzado con fibras como alternativa de solución para mejorar el comportamiento del concreto; ya que sus diversas aplicaciones hacen que sea uno de los productos más solicitados por las ventajas que aportan al concreto. Es por ello que se enfoca en realizar la comparación entre pavimentos de concreto simple, pavimentos de concreto reforzado con mallas de acero y el pavimento de concreto reforzado con fibras de acero, comparando la metodología de diseño, los esfuerzos teóricos, su procedimiento constructivo y los precios unitarios en cada una de las situaciones. Se realiza un ejemplo utilizando un proyecto real, en el cual se verificara que el concreto reforzado con fibras de acero es la mejor opción. El autor da a conocer las diferencias de ambas metodologías de diseño, una de las diferencias en los parámetros de diseño es la propiedad del concreto: en el PCA se utiliza el módulo de rotura del concreto y en el TR-34 la resistencia a compresión. Cuando se diseña con el PCA el espesor del pavimento por cargas vehiculares, un requerimiento es el número de pasadas aproximadas que va a tener el vehículo, sin embargo en el TR-34 se utiliza la escena más desfavorable o la carga más grande en la vida útil de pavimento ya que se trabaja con límites de esfuerzo. De acuerdo con el análisis efectuado tanto técnico como económicamente, se recomienda la utilización de concreto reforzado con fibras en la colocación en losas de pisos y pavimentos donde exigen una alta sollicitaciones de carga pesada.

En la tesis mencionada anteriormente se logra verificar las ventajas de utilizar el método de diseño TR-34 comparado con el método PCA tomando como ejemplo un proyecto real, puesto que este último utiliza monogramas y tablas, por ende los valores obtenidos no son precisos.

2.1.1.3 Antecedente Nacional N° 03

Según Sotil & Zegarra (2015) en su tesis de pregrado titulada *“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”* de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tuvo como finalidad comparar analíticamente las propiedades mecánicas (flexión, compresión y tenacidad) del concreto sin refuerzo respecto al concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF3 y la fibra de acero Wirand FF4. Se realiza el diseño de mezcla por el método Fuller para una resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y una dosificación de 20 kg/m^3 de fibra Wirand. El ensayo de compresión se desarrolla para edades de 7,14 y 28 días, para el ensayo de flexión y tenacidad



se evaluara a los 28 días para dosificaciones de 20 y 25 kg/m³ de fibra. En base a los resultados del ensayo de compresión se tiene el comportamiento mecánico del concreto respecto a compresión es irrelevante frente a los grandes esfuerzos a flexión presente en las losas apoyadas sobre suelo. Para el tipo de fibra Wirand, la dosificación y las características físicas son los principales parámetros para determinar el aumento a la resistencia a la flexión, como evidencian los resultados.

En la tesis se logra verificar que se cumple la tendencia de mejorar las propiedades mecánicas con el aumento de la dosificación de las fibras. La tesis sirvió para tener una referencia con respecto a las propiedades mecánicas del concreto.

2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional.

2.1.2.1 Antecedente Internacional N° 01

Según Amaya & Ramirez (2019) en su tesis de pregrado titulada “*Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras*” de la Universidad Católica de Colombia, tuvo como objetivo evaluar el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras, mediante un análisis de resultados en ensayos realizados de compresión y flexión, en cilindros y vigas de concreto respectivamente; el concreto reforzado con fibras se utiliza en la construcción como otro tipo de concreto, en donde se emplean fibras de acero Dramix 3D (según norma NSR-10) pero también de distintos materiales, entre ellas fibras sintéticas, fibras de vidrio o fibras naturales. La investigación es importante porque permite conocer las capacidades mecánicas que puede adquirir un concreto reforzado con fibras y de esta manera determinar cuál fibra genera un mejor comportamiento en cuanto a compresión y flexión. Se desarrolló un diseño de mezcla con resistencia a la compresión de 3500 psi (24 Mpa), el diseño fue realizado por el método ACI. Se efectuaron 35 cilindros y 10 vigas divididas de la siguiente forma, 7 cilindros y 2 vigas de concreto reforzado con fibras por cada tipo de material de las macrofibras (Acero, PET, fibra de vidrio y Cañaño) y la misma cantidad de cilindros y vigas de concreto convencional. Entre todas las fibras, la que presenta una mejora en el concreto, tanto a compresión como a flexión, es la fibra de acero, pero está a diferencia de las otras fibras, no corrige por completo la fisuración del material como lo hacen las otras fibras, sin embargo, disminuyó la fisuración de la viga con edad de 28 días, respecto a la viga de 14 días, por lo que al alcanzar mayor resistencia el concreto las fibras de acero son más efectivas. En la tesis nos indica que la adición de fibras de acero Dramix 3D que tienen una dimensión de 60mm de longitud y un diámetro de 1.05 mm se da entre 20 kg/m³ a 50 kg/m³ con base a esta dosificación se calculó el 2% del peso total de concreto necesitada para todas las muestras a realizar y se obtuvo un peso de fibra de 1.85 kg, llegando a la conclusión que las fibras de acero ayuda a



reducir costos y tiempos de ejecución, ya que no se requiere un armado de varillas sino simplemente una mezcla donde se incluyan las fibras.

La tesis sirvió para tener una referencia con respecto a las características de las fibras que tienen una incidencia en el comportamiento del concreto cuando se utiliza como refuerzo, es decir, la cantidad de dosificación agregada a la mezcla, la longitud de las fibras y el material de la fibra.

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1 Concreto hidráulico.

Gutierrez (2003) afirma que, el concreto hidráulico u hormigón (como es conocido en otros países), es una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado grueso y agregado fino y en algunos casos de aditivos, resultando un material muy resistente a la compresión, pero con baja resistencia a la tracción.

Tipo de concreto.

2.2.1.1 Concreto Hidráulico fibroreforzado

Abanto (2009) menciona que, el concreto hidráulico fibroreforzado está constituido a partir de cemento, con adición de agregados finos y gruesos, y complementado con filamentos o fibras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales se complementan para ofrecer mejores resistencias a las estructuras, en la cual las fibras de acero sirven para soportar esfuerzos de tracción y flexión, a la vez incrementar la resistencia a la compresión del concreto.

2.2.2 Concreto asfáltico

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) asegura que, es una mezcla procesada, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso se incorpora aditivos para mejorar sus propiedades de comportamiento. Es utilizada como capa de base o de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

2.2.3 Componentes y complementos del concreto

El concreto está compuesto por: cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y aditivos. Cada uno de ellos tiene un rol muy importante en el comportamiento del concreto en sus diferentes estados, aportando diversas características para su resistencia. A continuación, se expone cada uno:

2.2.3.1 Cemento

Abanto (2009) menciona que, el cemento es aquel que pertenece al grupo de materiales de construcción denominado aglomerante hidráulico, que comprende aquel que se endurecen mezclados con el agua y al mismo tiempo resisten la acción de esta. En nuestro mercado existen



gran variedad de cementos para ser empleados por el usuario y todos ellos proporcionan los niveles de resistencia y durabilidad requeridos en obras usuales.

2.2.3.1.1 Cemento Portland

INDECOPI (2013) dice que, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulico y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

Por otro lado, en la norma ASTM C150 “Especificaciones Estándar para Cemento portland” se clasifican ocho tipos principales de cemento.

Los cementos añadidos con el prefijo A, siendo el tipo IA, IIA y IIIA son cementos añadidos con incorporadores de aire en su composición, los cuales no se fabrican en el Perú.

- Tipo IA
Normal, con inclusor de aire.
- Tipo IIA
De resistencia moderada a los sulfatos, con inclusor de aire.
- Tipo IIIA
De alta resistencia a edad temprana, con inclusor de aire.

Menéndez (2009) asegura que, los cementos más utilizados para pavimentación son el tipo I o normal, y el tipo II o de bajo calor de hidratación. En algunas reparaciones, por ejemplo, en los tramos realizados en condiciones de apertura rápida, se puede emplear el cemento tipo III.

- Tipo I: De uso general destinado a obras de concreto que no estén sujetas al contacto de factores agresivos, como el ataque de sulfatos existentes en el suelo o en el agua. En el Perú, es el cemento más empleado debido a su menor costo frente a los demás tipos.
- Tipo II: Este cemento genera moderado calor de hidratación, se usa en obras de concreto expuestas a la acción moderada de sulfatos, como ocurre en estructuras enterradas en zonas donde las concentraciones de aguas freáticas, son mayores de lo normal, aunque no son demasiadas severas.
- Tipo III: Para uso en obras donde se requiera alta resistencia a tempranas edades a los 3 y 7 días. Esto se debe por el cemento obtenido durante la molienda es más fino. Su utilización se debe a necesidades específicas de la construcción, cuando es necesario retirar los encofrados lo más pronto posible.



- Tipo IV: Para uso en obras donde se requiere bajo calor de hidratación, proceso que ocurre al entrar en contacto el agua con el cemento. Generalmente, se utiliza cuando se presentan vaciados de gran volumen.
- Tipo V: Se emplea cuando se requiere alta resistencia a los sulfatos, por lo general en construcciones cerca de las playas en donde hay presencia de estos agentes salinos.

Rivva (2010) afirma que, los denominados “cementos adicionados” son mezclas de cemento y un material de características puzolánicas molidos en forma conjunta. En el Perú se fabrican los tipos IP, IPM, IS e ISM, en base a la NTP 334.090.

- IP: Cemento al cual se ha añadido puzolana en un porcentaje entre 15% y 40% del peso total.
- IPM: Cemento al que se ha añadido puzolana en un porcentaje menor del 15% del peso total.
- IS: Cemento al cual se ha añadido entre 25% y 75% de escoria de alto horno referidas al peso total.
- ISM: Cemento al cual se ha añadido menos del 25% de escorias de alto horno referidas al peso total.

Sin embargo, actualmente, se utiliza con mayor frecuencia el cemento puzolánico o IP, el cual presenta mejores características y propiedades frente al ataque conjunto de sales como sulfatos y cloruros.

2.2.3.2 Agua

Abanto (2009) menciona que, al unirse el agua con el cemento, ocurre la hidratación produciéndose así la pasta. Por otro lado, el agua utilizada en la producción del concreto debe ser potable, es decir, que no tenga alto contenido de sales, ácidos, álcalis y materias orgánicas. Además de su función como hidratante, ayuda a la mejora de la trabajabilidad de la mezcla.

Menéndez (2009) afirma que, el contenido y la calidad del agua utilizada en un concreto hidráulico, influye mucho en el comportamiento a corto y mediano plazo del mismo. Ello es particularmente cierto en el caso de aplicaciones en pavimentos rígidos. Las impurezas contenidas en el agua no solo afectan los tiempos de fraguado y el desarrollo de las resistencias en el concreto hidráulico, sino que tiene un fuerte impacto en su durabilidad, crean manchas permanentes, promueven la corrosión en elementos de refuerzo y originan inestabilidad volumétrica.



2.2.3.3 Agregados

La norma técnica peruana de concreto armado E 0.60, define a los agregados de la siguiente manera:

“Agregado: Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico” Ministerio de Vivienda (2009).

Los agregados se dividen en Agregados Gruesos y Agregados Finos. Los agregados gruesos se definen como el material retenido en el tamiz N°4 (4.75 mm), en cambio los agregados finos son las partículas pasantes del tamiz N°4 (4.75 mm).

2.2.3.4 Aditivos

Es utilizado como componente del concreto, y se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades.

Los aditivos se clasifican en:

- Plastificante, reductor de agua. - Mejoran la consistencia del concreto y reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir concreto de consistencia determinada.
- Retardantes. - Alargan el tiempo de fragua del concreto
- Acelerantes. - Reducen el tiempo de fragua y el desarrollo de la resistencia inicial del concreto.
- Plastificante y retardador. - Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y retarda el fraguado.
- Plastificante y acelerador. - Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir concreto de una consistencia dada y acelera su fraguado y el desarrollo de su resistencia.
- Incorporación de aire. - Aumenta la resistencia del concreto a la acción de las heladas porque introducen burbujas diminutas en la mezcla de cemento endurecido. Estas burbujas actúan como amortiguadores para los esfuerzos inducidos por la congelación y descongelación.
- Adhesivos. - Mejoran la adherencia con el esfuerzo.
- Impermeabilizantes e inhibidores corrosión.

2.2.4 Propiedades del Concreto

El concreto posee dos estados: el estado fresco y el estado sólido. Cada uno de estos posee distintas propiedades ya que varían en comportamiento y uso.



2.2.4.1 Concreto fresco

2.2.4.1.1 Trabajabilidad o Manejabilidad.

Abanto (2009) asegura que, se entiende por trabajabilidad a la propiedad del concreto en estado fresco, la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente con un mínimo de trabajo y máximo de homogeneidad; para ser acabado sin presentar segregación. La medición de la trabajabilidad es llevada a cabo mediante el ensayo conocido como el cono de Abrams, el cual arrojará como resultado una medida cuantitativa conocida como Slump.

Tabla 1.

Clases de mezclas según su Asentamiento.

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Fluida	> 5"	Muy trabajable

Nota. Tomado de (Abanto, 2009).

2.2.4.1.2 Exudación o Sangrado

Abanto (2009) asegura que, es la aparición de una lámina de agua en la superficie de la mezcla recién colocada. La cual es causada por dos fenómenos, la sedimentación de las partículas sólidas y en simultáneo, la subida del agua hacia la superficie del concreto.

2.2.4.1.3 Tiempo de fraguado

Rivva (2014) asegura que, el tiempo de fraguado es el proceso de una mezcla de concreto que tarda en alcanzar progresivamente la resistencia de diseño a su estado endurecido. El tiempo del fraguado inicial y final puede ser medido mediante la aguja de Vicat.

2.2.4.2 Concreto Endurecido

2.2.4.2.1 Resistencia

Es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse, siendo las principales sollicitaciones: Resistencia a la compresión, flexión y tracción.

Rivva (2014) asegura que, la propiedad destacada del concreto es la resistencia a la compresión en comparación con la tracción, es por ello que se le añade acero al concreto, siendo así que aumenta la adherencia en la mezcla. Cabe resaltar que el Norteamericano Bilkey ha demostrado que la resistencia está en función a cuatro factores: relación agua-cemento, relación cemento – agregado, la granulometría y el tamaño máximo del agregado.



2.2.4.2.2 Impermeabilidad y estanquidad

Abanto (2009) menciona que, la impermeabilidad viene a ser la capacidad del concreto de resistir la penetración del agua y la estanquidad (hermeticidad) es la habilidad para la retención del agua sin escurrimiento visible. Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

2.2.4.2.3 Estabilidad de volumen y control de fisuración

Rivva (2014) afirma que, el concreto cambia su volumen constantemente, puesto que puede dilatarse como contraerse, debido a distintos factores, como la humedad, temperatura y esfuerzos de tracción interna. Debido a estos cambios se pueden producir fisuraciones siendo una manera de controlarlas es mediante juntas, las cuales son cortes o ranuras que se hacen en el concreto fresco o endurecido.

2.2.4.2.4 Durabilidad

Rivva (2014) asegura que, el concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir como procesos de congelación, abrasión (desgaste) y ataques químicos. Por tanto, se define como concreto durable aquel que puede resistir, en grado satisfactorio en los de las condiciones de servicio a las cuales está sometido.

2.2.5 Fisuración del Concreto

Montalvo (2015) menciona que, este es un tema sobresaliente debido a que uno de los aportes más importantes de las fibras es el control o la minimización de la fisuración en el concreto. La fisuración es una consecuencia directa de la baja resistencia a la tracción del concreto. También pueden darse debido a la compresión y puede estar presente en cualquier tipo de estructura desde edificaciones, hasta obras civiles de distintas índoles en donde participe el concreto. Dichas fisuras pueden manifestarse en años, semanas, días u horas debido a las distintas causas. Esta patología en el concreto puede afectar la apariencia de la estructura; sin embargo, también puede indicar fallas estructurales ya que, debido a ellas, agentes químicos pueden entrar en contacto con la armadura del elemento o con el mismo concreto, debilitando así la estructura y afectando la durabilidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que no siempre son peligrosas, lo que importa es conocer el tipo de elemento estructural en el que han aparecido y la naturaleza de las mismas.

La peligrosidad de las fisuras se debe tener en cuenta cuando se sobrepasan determinados espesores o cuando están en determinados ambientes.

Las fisuras se pueden clasificar:



2.2.5.1 Fisuras estabilizadas

También llamadas muertas, son aquellas que llegan a una determinada abertura y el proceso queda detenido.

2.2.5.2 Fisuras en movimiento

Son aquellas en las que la fisuración continúa hasta llegar a estabilizarse.

2.2.5.3 Fisuras estructurales

Son debidas a las excesivas cargas a que esta sometidos el concreto, las cuales originan esfuerzos sobredimensionados, y se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.2.5.3.1 Fisuras causadas por fuerzas externas:

Estas son síntomas de un mal comportamiento estructural y se originan por problemas o errores en el proyecto, también por la actuación de cargas excesivas en los elementos. Estas fisuras no pueden ser reparadas superficialmente. Se pueden describir las siguientes:

- Fisuras causadas por esfuerzos de flexión: estas se presentan en la parte inferior de las vigas, las cuales continúan casi verticalmente hasta llegar al centro de la viga.
- Fisuras causadas por esfuerzos cortantes, habitualmente aparecen luego de eventos sísmicos y aparecen en los extremos de una viga y columna, generalmente son grietas que forman un ángulo de 45° .
- Las fisuras debidas a esfuerzos de compresión aparecen por las excesivas cargas que se le somete, comúnmente aparecen en las columnas y no son fáciles de identificar.
- Las fisuras debido a los esfuerzos por torsión se pueden distinguir por el sentido de inclinación que presentan en dos caras opuestas del elemento. Estas se generan en un sentido de la cara de la viga y en la cara opuesta se manifiestan en sentido opuesto.
- Las fisuras por esfuerzos de tracción se manifiestan generalmente en las losas de entepiso, se observan largas grietas a lo largo y ancho del elemento. En las paredes se manifiestan como grietas inclinadas a partir de las esquinas de dinteles de puertas y ventanas.
- Las fisuras por asentamiento de terreno, ocurren por un mal diseño de la cimentación o mala compactación del terreno en uno de los apoyos, los cuales ocasionan asentamientos diferenciales excesivos. Aparecen en la columna en la



que ha sido asentada, tienen la dirección hacia el lado del terreno que no se ha deformado.

2.2.5.3.2 Fisuras causadas por el reforzamiento de acero

Montalvo (2015) menciona en su investigación que, esta fisuración tiene como origen la corrosión en el acero del concreto armado, la corrosión es el principal agente químico que ataca al acero, es por ello que se debe tratar a tiempo con la finalidad de no generar problemas a futuro. Una de las causas es porque el elemento no tiene el debido recubrimiento, es por esto que el agua penetra y se forma óxido que va formando una capa sobre la armadura, la cual va creciendo y ejerciendo presión sobre el recubrimiento hasta romperlo y formar la grieta; estas aparecen de forma longitudinal al refuerzo que se la añadió al concreto. Otra de las causas es por no añadir la cantidad correcta de acero al concreto, ya que deja espacios considerables sin reforzar y es donde las grietas aparecen.

Otros tipos de fisuras:

Toirac (2004) menciona que, los fallos de Adherencia-anclaje se manifiestan mediante fisuras localizadas, paralelas al refuerzo longitudinal, aunque su trazado no es continuo, a diferencia con las de oxidación o corrosión donde las fisuras si continúan a lo largo de las barras de acero. Los fallos de anclaje son peligrosos pues la varilla de acero se desliza y pierde eficacia, por lo que este tipo de fisura puede ser indicativo de una inminente y súbita rotura.

2.2.6 Fibras en el concreto

2.2.6.1 Reseña histórica de la aplicación de las fibras

Maccaferri (2009) dice que, el ingenio de reforzar con materiales fibrosos manufacturados se remonta a muchos años atrás; por ejemplo, en el antiguo Egipto se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para otorgar una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después del secado al sol. Existen otros ejemplos históricos como: revoques reforzados con pelo de caballo, o también con paja en las construcciones más precarias, para evitar fisuras antiestéticas. En los años 50 se hicieron los primeros estudios sobre la utilización de fibras de acero y de vidrio en el concreto, en los años 60 en cambio aparecieron los primeros estudios sobre concreto reforzados con fibras sintéticas. Con el transcurrir del tiempo y los años, las patentes van evolucionando y utilizando parámetros muy similares a los actuales, un ejemplo para este caso es la patente de G. Constatinesco en 1954 en Estados Unidos, utilizando fibras helicoidales y espirales para aumentar la resistencia a la fisuración del concreto. En el inicio de los 50 fue una etapa de numerosas investigaciones referentes al concreto reforzado con fibras, los trabajos realizados y que destacaron en la época



fueron de Romualdi, Batos y Mandel (1963). No es hasta la década de los 70 que se comenzó a utilizar en los países europeos, sobre todo en España, donde se utilizaban las fibras en diversos proyectos: revestimiento de túneles, pavimentos industriales, pavimentos de tableros de puentes, contenedores de puentes, etc. Dentro de esta época resalta el registro de la patente de I. Kennedy (España) la cual consistía en la implementación del proceso Hatschek, el cual producía láminas de cemento reforzado con fibras de asbesto o amianto para elaborar concreto. Sin embargo, entre 1970 y 1980 quedó inutilizado debido a los casos de problemas de salud que generaba.

En la actualidad la construcción de estructuras elaboradas con concreto reforzado con fibras de acero viene teniendo gran éxito y aceptación, gracias a los diversos trabajos de investigación, revelando su aplicación en ramas militares, utilizándose concreto fibroreforzado en el blindado de carros de combate, hangares y recintos protegidos frente al impacto de proyectiles.

2.2.6.2 Concepto de refuerzo del concreto con fibras

Se entiende como una fibra a un filamento delgado y alargado de cualquier naturaleza, ya sea de tipo mineral orgánico o sintético; el cual se encuentra formando un atado, red o cordón.

Según el ACI, el concreto fibroreforzado es una mezcla constituida a partir de cemento hidráulico, contenido de agregados finos y gruesos, y también filamentos o fibras discretas discontinuas. Estructuralmente proporcionan una mayor energía de rotura, sustituyendo parcial o completamente los sistemas convencionales de armaduras de acero. Por otro parte, del lado no estructural, las fibras proporcionan un notable incremento en la resistencia al fisuramiento, así como el incremento de otras propiedades:

López et al. (2019) indican que, las fibras son empleadas en aplicaciones estructurales en busca de beneficios adicionales en cuanto a reducción de mano de obra, incremento de la durabilidad y reducción o eliminación del refuerzo tradicional. El concreto soporta esfuerzos a tracción que son transmitidos por adherencia a las fibras una vez que se haya producido la micro-fisura, controlan la fisuración y reducen la intensidad de la misma a la vez que mejoran la tenacidad.

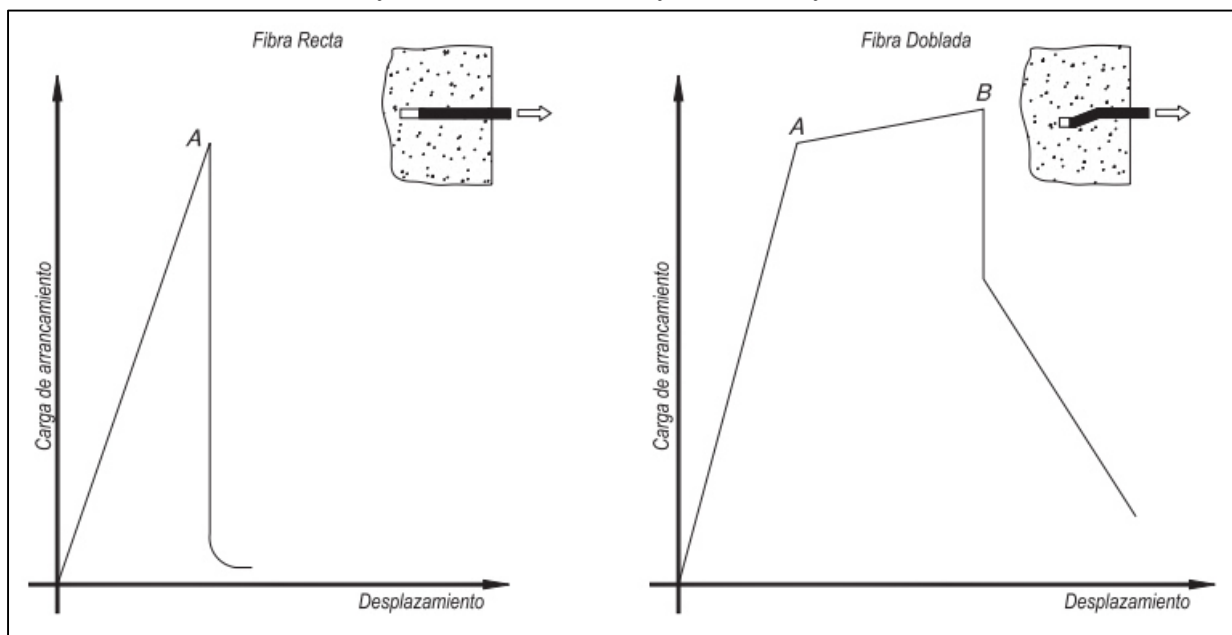
Maccaferri (2009) menciona que, las fibras con una adecuada resistencia mecánica a la tracción, homogéneamente distribuidas dentro del hormigón, constituyen una micro-armadura la cual, se muestra extremadamente eficaz para contrastar el fenómeno de fisuración por retracción y, además de conferir al concreto una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia de las fibras y su cantidad, confiriendo en tales

circunstancias una gran tenacidad del concreto. En cuanto a la influencia de la geometría de las fibras (formas y dimensiones longitudinales y transversales) sobre el comportamiento del FRC (Concreto reforzado con fibras) y del SFRC (Concreto reforzado con fibras de acero), aunque cada aspecto anteriormente mencionado es importante, la relación longitud (L) – diámetro equivalente (D_e) (denominada relación de aspecto o de esbeltez) es el parámetro más característico, ya que de su valor dependen la ductilidad y la tenacidad del concreto fibroreforzado.

Obviamente las características mecánicas de las fibras, esencialmente su resistencia a la tracción, tienen un papel fundamental en el comportamiento del FRC y del SFRC ya que, al no producirse la extracción (pull out) impedida por la adherencia real e impuesta entre la interfaz fibra-concreto **Figura 4**, puede llevar a la rotura de la fibra debido a la insuficiencia de su resistencia a la tracción **Figura 5**.

Figura 4.

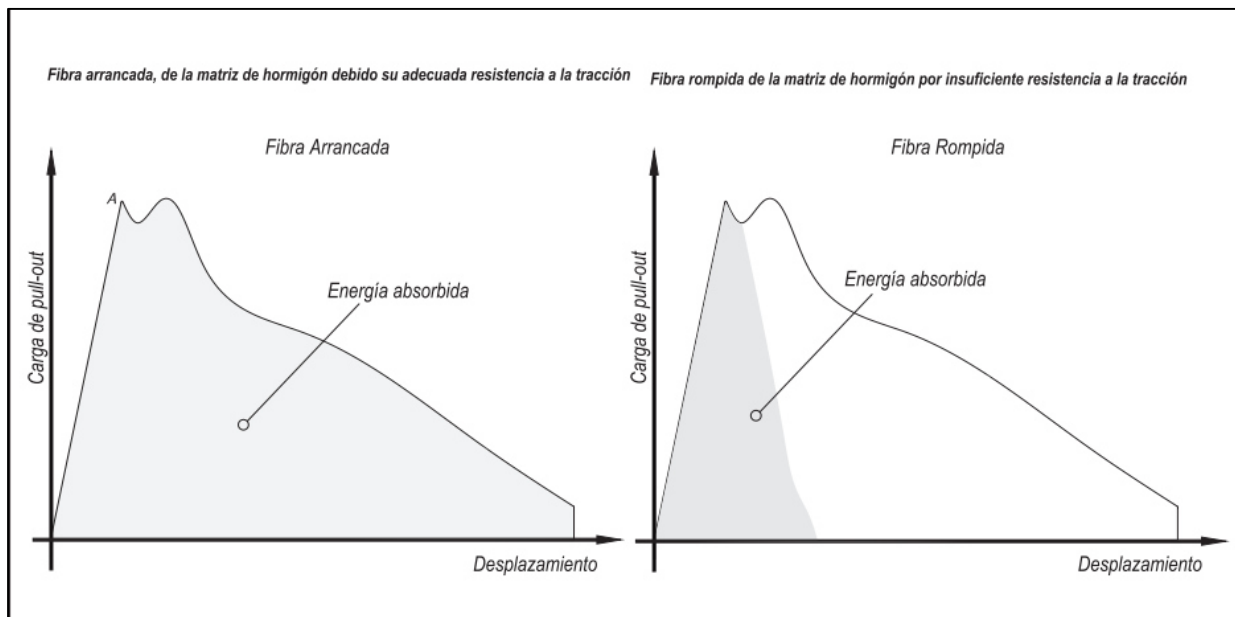
Incremento de la adherencia fibra-concreto con la forma de la fibra.



Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

Figura 5.

Importancia de la resistencia a la tracción de la fibra.



Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

Finalmente la dosificación, o sea la efectiva cantidad de fibras presentes en el concreto kg/m^3 , ciertamente incide notablemente, junto con las ya comentadas características geométricas y mecánicas de las fibras, sobre el grado de ductilidad y tenacidad que adquiere el concreto fibroreforzado. Es importante destacar que, todo el conjunto de las características mencionadas que es utilizado para determinar el comportamiento del concreto fibroreforzado y el resultado óptimo depende de una adecuada combinación de todos los factores.

2.2.6.3 Tipos de fibra

Se tiene distintos tipos de fibras para el concreto en función a la materia prima estas son clasificadas de la siguiente forma: fibras de acero, fibras de vidrio, fibras sintéticas y fibras naturales.

A continuación, se presenta la **Tabla 2** con las características mecánicas de las fibras mencionadas donde se observa grandes diferencias entre las propiedades de cada tipo de fibra. Entre ellas resaltan la resistencia a la tracción y el módulo elástico. Se recomienda que las fibras estructurales tengan un módulo de elasticidad tres veces superior al del concreto. Las fibras de acero tienen aproximadamente el módulo de elasticidad siete veces mayor al del concreto.



Tabla 2.

Características mecánicas de las fibras de distintos materiales

Fibras	Diámetro (μm)	Densidad (10^3kg/m^3)	Módulo de Elasticidad (kN/mm^2)	Resistencia a la tracción (kN/mm^2)	Alargamiento en la ruptura (%)
Acero	5-500	7.84	200	0.5-2	0.5-3.5
Vidrio	9-15	2.60	70-80	0.2-4	2-3.5
Amianto	0.02-0.04	3.00	180	3.30	2-3
Polipropileno	20-200	0.90	5-7	0.5-0.75	8
Nylon	-	1.10	4	0.90	13-15
Polietileno	-	0.95	0.3	0.0007	10
Carbono	9	1.90	230	2.60	1
Kevlar	10	1.45	65-133	3.60	2.1-4
Acrílico	18	1.18	14-19.5	0.4-1	3

Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

2.2.6.4 Tipos de fibras de acero

La clasificación de las fibras de acero es según sus características geométricas, físicas, químicas, mecánicas y también por el proceso constructivo.

Maccaferri (2009) menciona que, de acuerdo a su geometría, este producto se caracteriza geométricamente por obtener una dimensión predominante con respecto a las demás, la relación de estas dimensiones, longitud (L) y diámetro equivalente (D_e) generan lo que se denomina esbeltez o también relación de aspecto. Las fibras tienen que ser lo suficientemente pequeñas para dispersarse homogéneamente en una mezcla sin endurecer el concreto.

La norma ASTM 820 considera la siguiente simbología:

- A: área de la sección transversal
- D: diámetro
- L: longitud
- F_u : esfuerzo de tensión último
- D_e : Diámetro equivalente (sección diferente a una circular)
- λ : relación de aspecto: Longitud / Diámetro Equivalente

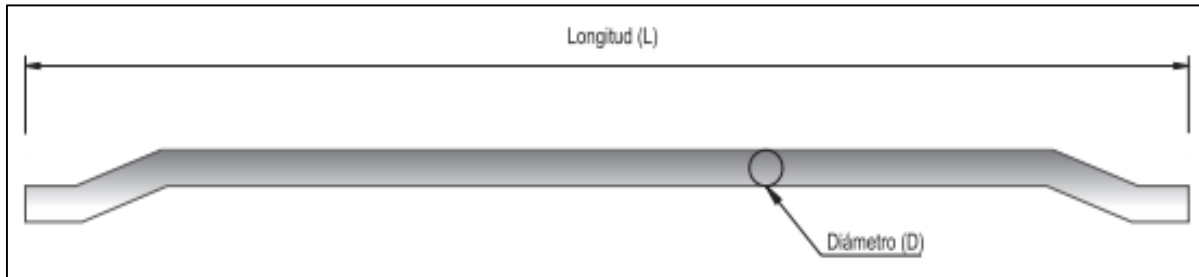
El Diámetro equivalente D_e (mm), está definido con diferentes modalidades, las cuales están en función de su forma transversal y proceso constructivo.



La relación de aspecto ($\lambda = L/D_e$) es la esbeltez de la fibra, si la fibra es más larga y el diámetro equivalente es más corto, la fibra es más esbelta, por lo tanto, habrá más fibras por unidad de masa.

Figura 6.

Ejemplo de fibra metálica con anclaje en las extremidades

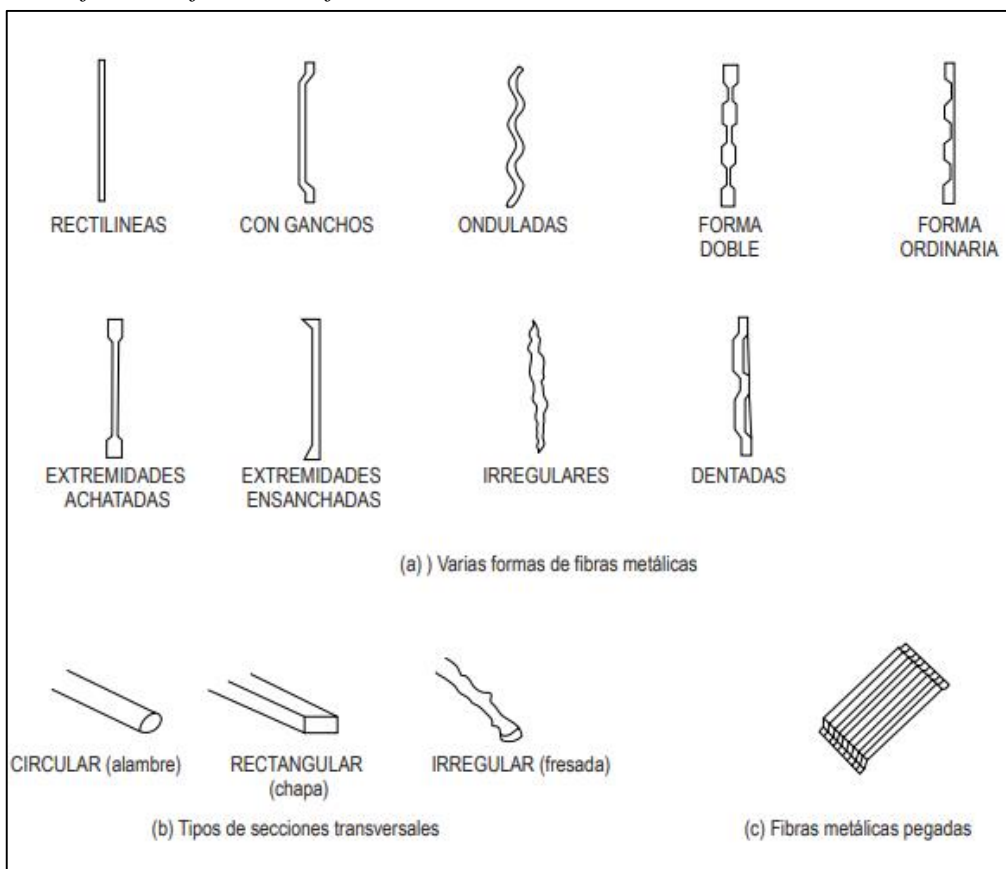


Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

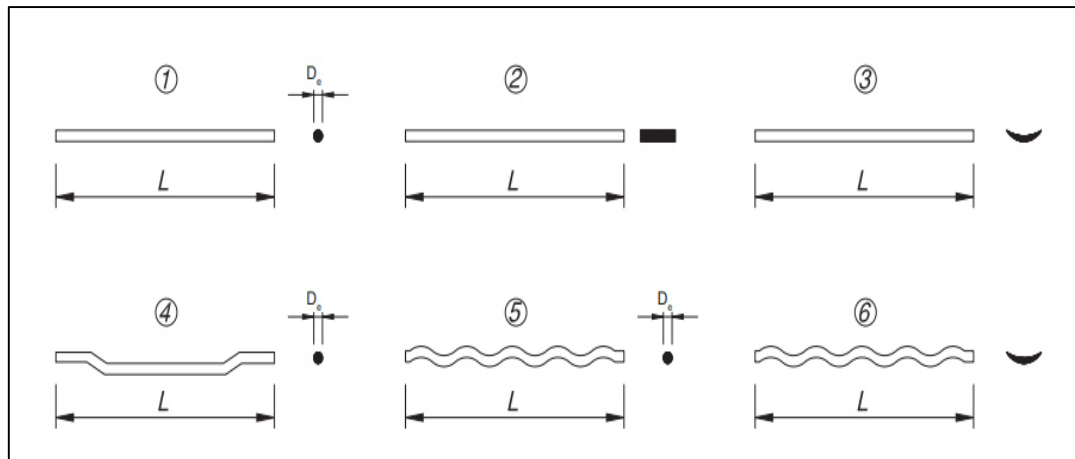
La geometría de las fibras es diversa, axialmente, la forma puede ser rectilínea o perfilada, transversalmente; la fibra puede tener sección circular, rectangular o variada.

Figura 7.

Ejemplo de diferentes formas de fibras metálicas



(a)



(b)

Nota. (a) y (b) Diferentes formas de fibras metálicas y tipos de secciones transversales. Tomado de (Maccaferri, 2009).

La norma ASTM A 820, ofrece otro tipo de clasificación basado en el procedimiento de producción de la fibra:

- Tipo I: Alambre trefilado en frío
- Tipo II: Láminas cortadas
- Tipo III: Fundido
- Tipo IV: Otras fibras

El método de obtención más común es el tipo I, las fibras de alambre trefilado en frío son procesadas a través de esferas de acero que son estiradas en forma de hilos de alambre de sección circular, para luego ser fundidas para formar fibras deformadas.

Las fibras metálicas Wirand FF1 que se utilizan en la tesis, cumple con la Norma ASTM A 820, Tipo I.

2.2.6.5 Aplicación de las fibras de acero

Existe un campo extenso donde se usa las fibras como refuerzo de concreto. A continuación, se indican las principales:

Pisos y pavimentos

- Se reduce el tiempo total de ejecución de la obra y el número de operarios necesarios para la ejecución de la etapa de colocación del refuerzo.
- Las dosificaciones varían de un mínimo de $20 \frac{kg}{m^3}$ hasta aproximadamente $50 \frac{kg}{m^3}$, dependiendo de las verificaciones de cálculo de acuerdo con las características específicas del proyecto.



Figura 8.

Taller de mantenimiento Cerro Verde - Arequipa, Perú, 2018



Nota. Tomado de (Torres Chung, 2019).

Concreto proyectado

- El concreto proyectado reforzado con fibras de acero es una innovación para la aplicación de revestimiento de taludes, canales y túneles. Las diferencias con el refuerzo de mallas metálicas son considerables, ya que reduce de manera crítica el proceso constructivo, aumentando la productividad sin elevar los costos. (Maccaferri, 2009).

Elementos prefabricados

- Otro gran campo de aplicación del concreto reforzado con fibras de acero es en la industria de prefabricados, debido a la mayor velocidad de producción que genera. De manera similar a la estabilización de taludes utilizada el concreto proyectado, elimina la larga fase de instalación de armadura. La utilización de fibras permite industrializar el proceso, como también mejorar notablemente las propiedades del producto. (Maccaferri, 2009).

2.2.6.6 Fibras Wirand

La oficina de Maccaferri produce fibras moldadas y cortadas de alambre de acero trefilado en frío. Actualmente, se encuentran en el mercado los siguientes tipos de fibras Wirand presentes en la **Tabla 3**.

La nomenclatura adoptada para las fibras producidas por Maccaferri se refiere a:

- FF = Fiber flooring –fibras para pisos
- FS = Fiber shotcrete – fibras para concreto proyectado



Tabla 3.

Tipos de fibra Maccaferri.

Código de la Fibra	Material de Producción	Resistencia a la tracción (Mpa)	Dimensiones			
			Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Factor de forma (L/d)	Numero de fibras por kg
Wirand FF1	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1100	50	1.00	50	3244
Wirand FF3	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	50	0.75	67	5767
Wirand FF4	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	60	0.75	80	4806
Wirand FS1	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	37	0.55	67	14348
Wirand FS3N	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	33	0.75	44	8651
Wirand FS4N	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	33	0.60	55	13518
Wirand FS7	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1300	33	0.55	60	16087

Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas de las fibras Wirand FF1.

Tabla 4.

Especificaciones técnicas de la Fibra Metálica FF1

FF1		
Propiedades Físicas	Unidad	
Relación L/d (Largo /diámetro)	-	50
Tolerancia del valor individual de la relación L/d	%	15
Tolerancia del valor medio de la relación L/d	%	7.5
Diámetro	mm	1
Tolerancia del valor individual del diámetro	%	10
Tolerancia del valor medio del diámetro	%	5
Largo	mm	50
Tolerancia del valor individual del largo	%	5
Tolerancia del valor medio del largo	%	5

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la tracción del acero	Mpa	>1100
Deformación en la ruptura	%	<4
Módulo Elástico	Mpa	210000

Aplicación

Campos de Aplicación	Pavimentos y pre-fabricados
Numero de fibras por kilogramo	3244

Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

2.2.6.7 Aporte de las fibras de acero al concreto.

Limitaciones del concreto:

El concreto posee una serie de características constructivas, de resistencia, homogeneidad, entre otras que lo mantiene como un material estructural más utilizado en el mundo.

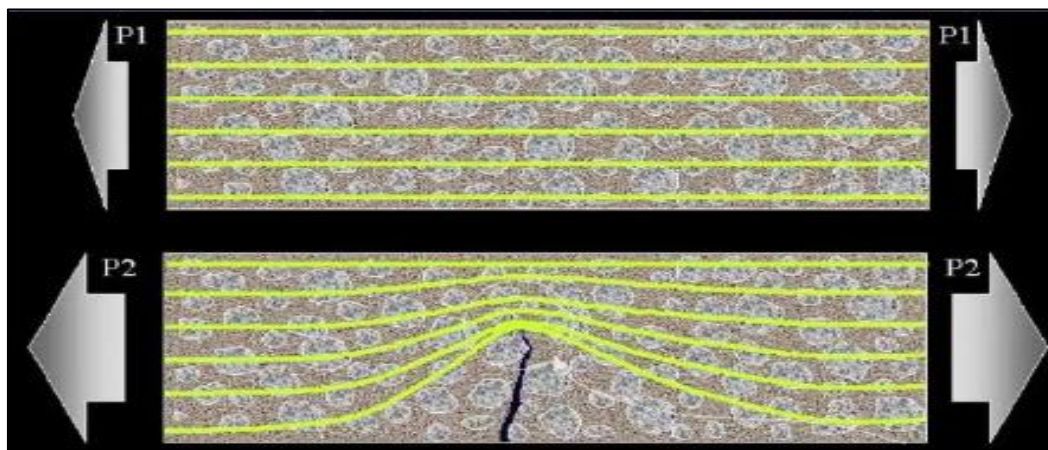
Sin embargo, el concreto tiene una serie de limitaciones:

- Comportamiento frágil
- Baja capacidad de deformación antes de la rotura.

Como consecuencia de su fragilidad, su resistencia a la tracción es muy baja cuando es comparado con su resistencia a la compresión.

Figura 9.

Esquema de concentración de tensiones para un concreto sin refuerzo de fibras



Nota. Tomado de (Torres, 2019)

Concreto fibroreforzado:

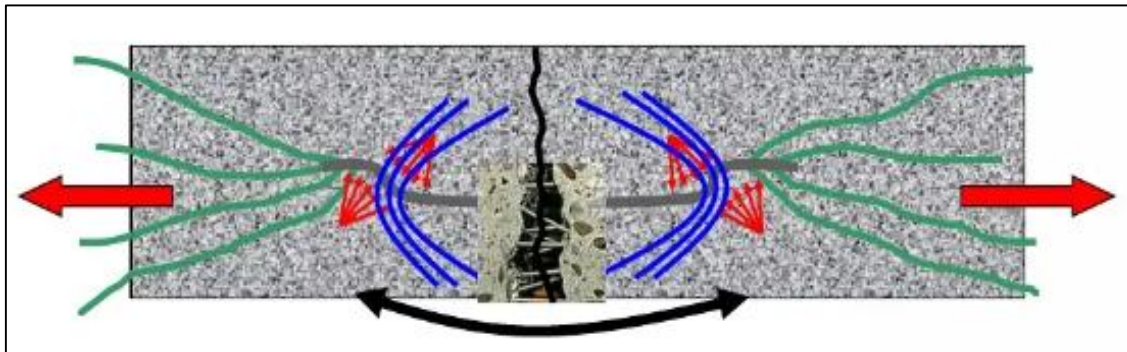
Las propiedades del Concreto Reforzado con fibras de acero, en el estado recién mezclado dependen de la geometría de la fibra, el porcentaje en la mezcla y las características que unen la fibra con la matriz.



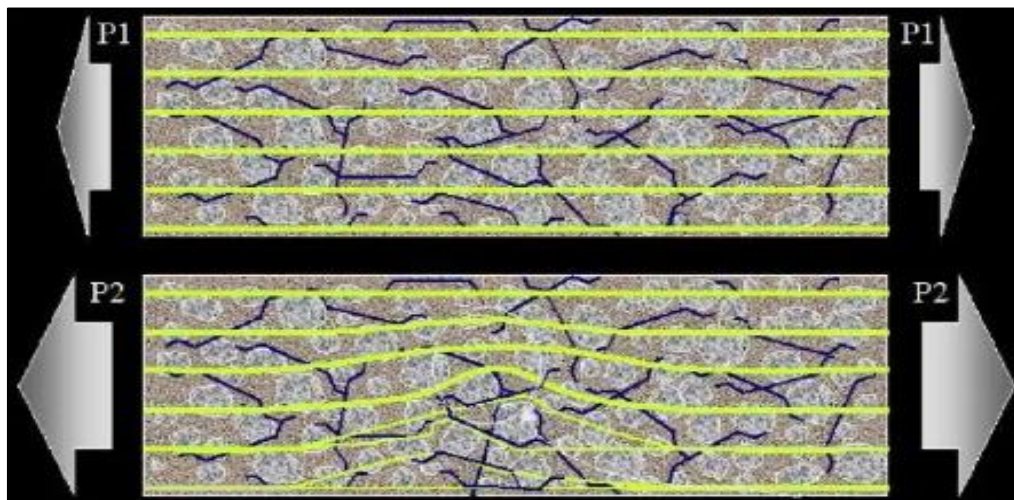
La introducción de fibras en el concreto tiene como objetivo minimizar el comportamiento frágil característico del mismo, presentando una resistencia residual a los esfuerzos en él, aplicados incluso después de la fisuración.

Figura 10.

Esquema de concentración de tensiones para un concreto con refuerzo de fibras



(a)



(b)

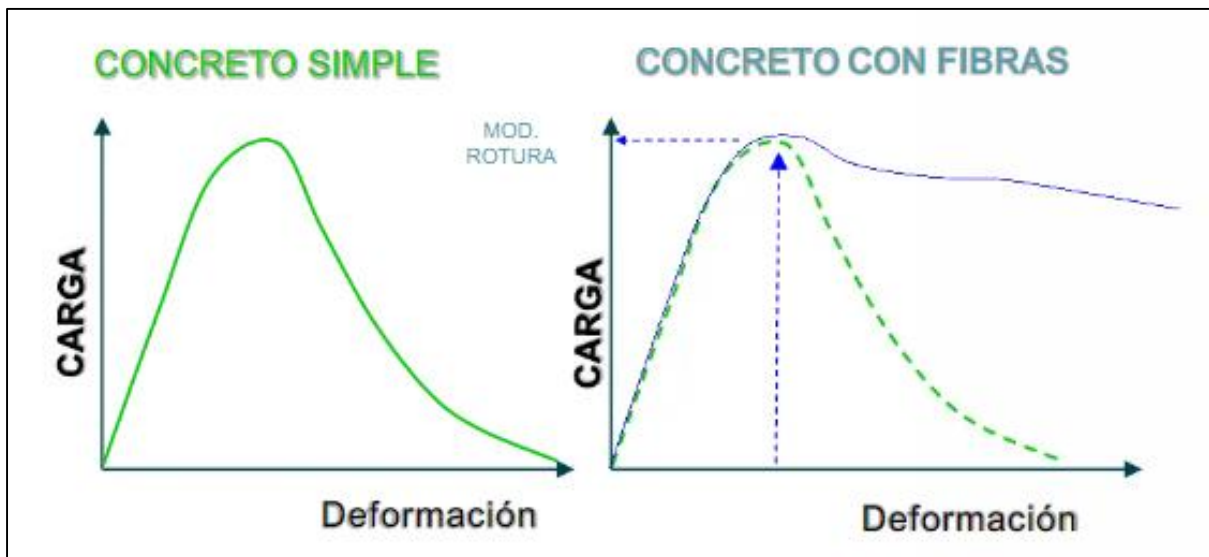
Nota. (a) y (b) Esquema de concentración de tensiones para un concreto con refuerzo de fibras. Tomado de (Torres, 2019).

Comportamiento a flexión:

Con referencia a la resistencia a la flexión del concreto con refuerzo de fibras va presentar mayor resistencia a comparación de la tensión o compresión siendo así que la deformación sometida a esfuerzo de flexión aumenta aproximadamente de 50 a 70 % más que el concreto no reforzado.

Figura 11.

Comportamiento a flexión de un concreto simple y un concreto con fibras



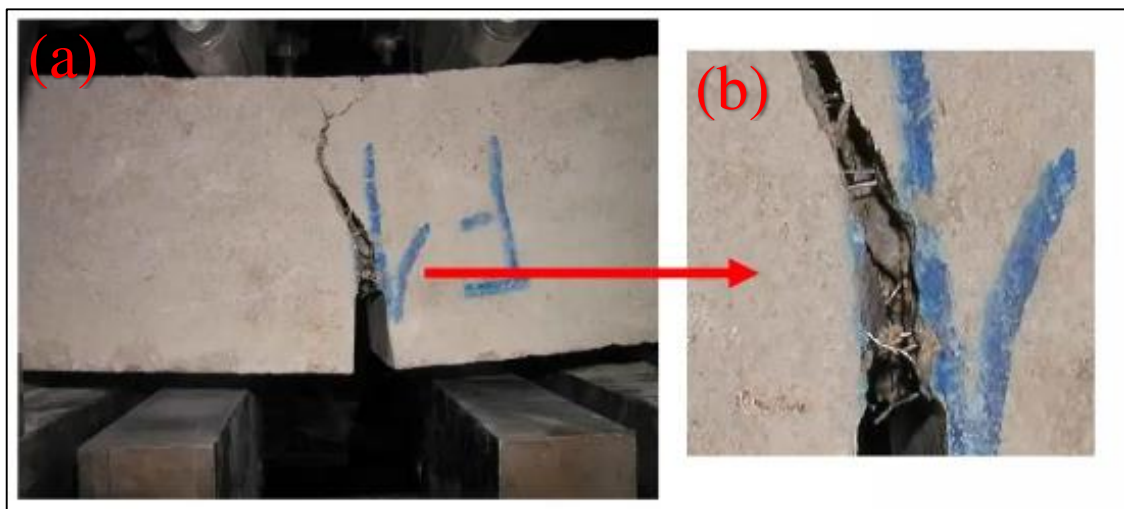
Nota. Tomado de (Torres, 2019).

Comportamiento Dúctil:

La energía absorbida por las fibras se adhiere al concreto durante la ruptura.

Figura 12.

Comportamiento dúctil de un concreto con fibra



Nota. (a) Se observa el comportamiento dúctil de un espécimen prismático con fibra (b) se muestra con mayor detalle el comportamiento de la fibra al ser ensayado. Tomado de (Torres, 2019).

2.2.7 Tipos de Vías Urbanas

La Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones nos indica que esta clasificación se basa en la función que cumple cada una de



ellas dentro de la estructura vial urbana y considera las siguientes categorías: vía expresa, vía arterial, vía colectora y vía local.

2.2.7.1 Vías expresas

Se denomina vía expresa a aquella que soporta grandes volúmenes de vehículos con circulación de alta velocidad, en condiciones de flujo libre. Une zonas de importante generación de tránsito.

2.2.7.2 Vías arteriales

Es aquella que lleva apreciables volúmenes de todo tipo de vehículos, a velocidad media de circulación, entre áreas principales de generación de tránsito las cuales se integran con el sistema de vías expresas.

2.2.7.3 Vías colectoras

Son aquellas que tienen por función llevar el tránsito de las Vías Locales a las Vías Arteriales y en algunos casos a las Vías Expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las Vías Arteriales.

2.2.7.4 Vías locales

Son aquellas cuya función es proveer el acceso directo a los predios o lotes adyacentes.

Figura 13.

Tipos de vías urbanas



Nota. Tomado de (CEO ACADEMY, 2022).



2.2.8 Pavimentos

2.2.8.1 Generalidades de los pavimentos

La ingeniería de pavimentos es una disciplina que combina el conocimiento de la mecánica de los materiales, el análisis estructural de elementos, las tecnologías constructivas, y la gestión de la conservación. Esta interacción representa un reto constante para el ingeniero de pavimentos quien debe buscar la solución más adecuada al costo más efectivo.

Menéndez (2009) menciona que, el pavimento es un conjunto de espesores que forman un paquete estructural, cuyo diseño busca espesores y propiedades físico mecánicas requeridos por los materiales que componen la estructura para que sea capaz de soportar las cargas de tráfico y ambientales a los que será sometido durante un periodo de tiempo, cuya función debe mantener la vía bajo un cierto nivel de deterioro, confort, transitabilidad y seguridad.

Tipos de pavimentos, según la NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS:

a) Pavimentos flexibles (PAVIMENTOS ASFALTICOS):

- Compuestos por capas granulares (sub base y base drenantes) y una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.
- Compuestos por capas granulares (sub base y base drenantes) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según sea necesario.

b) Pavimentos semiflexibles (INTERTRABADOS):

Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto (adoquines) colocadas sobre una capa de arena, rellenando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible

c) Pavimentos rígidos (DE CONCRETO HIDRÁULICO):

Conformado por losa de concreto de cemento hidráulico y una base granular para uniformizar las características de cimentación de la losa.

Los pavimentos se van a denominar flexibles o rígidos debido a la forma en que transmiten los esfuerzos y deformaciones a las capas inferiores, la cual depende de la relación de rigideces relativas de las capas. Un pavimento flexible transmite esfuerzos concentrados en

una pequeña área, mientras que un pavimento rígido distribuye los esfuerzos en una mayor área como aeropuertos y principales autopistas.

La losa de concreto debe estar diseñada para soportar cargas de tráfico y evitar fallas por fatiga del pavimento debido a las cargas repetidas. Los pavimentos rígidos pueden ser diseñados para un periodo de vida útil de mínimo 20 años, sin embargo es más probable que sus periodos de diseño sean de 30 a 40 años.

2.2.8.2 Generalidades del pavimento rígido

2.2.8.2.1 Losa

Edificaciones (2010) menciona que, es la parte superior del pavimento, formada por la mezcla de cemento, agua y agregado, de tal forma que su diseño soporte las cargas de tránsito y resista tanto el deslizamiento de vehículos, como la abrasión que esos puedan producir.

2.2.8.2.2 Sub Base

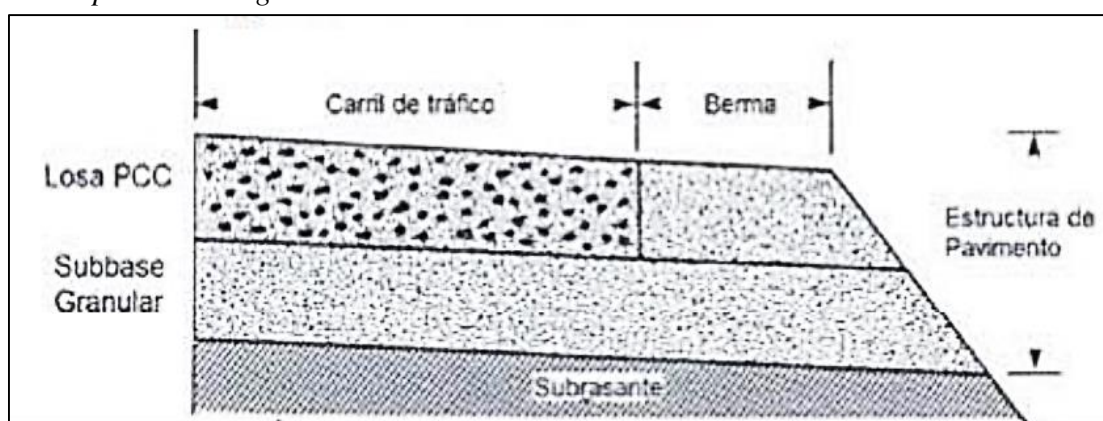
Edificaciones (2010) menciona que, en principio, estas capas tienen como función principal el soporte de esfuerzos, pero en este caso, por ser un pavimento rígido los esfuerzos son menores. Esta capa funciona también como drenaje para proteger la estructura superior, controlando el ascenso del agua.

2.2.8.2.3 Sub-rasante

Edificaciones (2010) menciona que, es la capa de suelo natural donde se apoya el pavimento. Su objetivo es dar la estabilidad requerida al pavimento; el diseño del pavimento se inicia por la subrasante ya que es el suelo de soporte de toda la estructura del pavimento.

Figura 14.

Partes del pavimento rígido



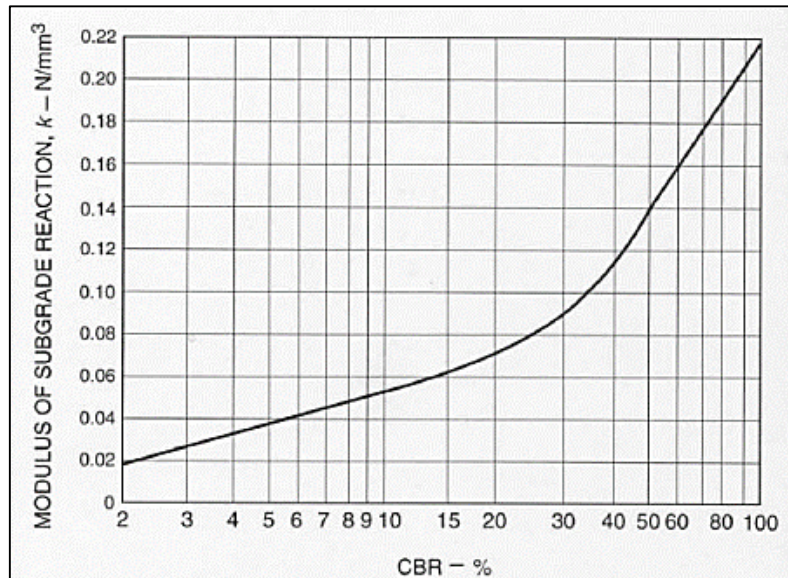
Nota. Adaptado del Curso de pavimentos UAC [Fotografía], 2020.

En el diseño de pavimento rígido se debe considerar el módulo de reacción k de la subrasante. Se calcula utilizando el CBR (California Bearing Ratio) de la subrasante in situ y la **Figura 15** que a continuación se presenta; siendo una relación entre la resistencia a la

penetración desarrollada por el suelo en donde está apoyada la subrasante y el de un tipo estándar de roca triturada.

Figura 15.

Relación entre el módulo de reacción de la subrasante y el CBR in situ



Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016).

2.2.8.3 Cargas en el pavimento

2.2.8.3.1 Cargas Vehiculares

Viene a ser los Vehículos pesados, como la maquinaria pesada, los camiones, monta cargas, etc. Para poder diseñar el pavimento rígido se necesita las especificaciones del vehículo como el área de contacto de neumático, máxima carga por eje y distancia entre las llantas.

2.2.8.3.2 Cargas concentradas

Son Fuerzas aplicadas sobre una superficie de área pequeña, pueden ser postes o maquinas apoyados sobre el piso que produzcan fuerzas mayores a 180 KN. Se requiere la máxima carga representativa, la distancia entre los postes como la distancia de los pasillos, el área de contacto, duración de la carga y la ubicación de las cargas con respecto a las juntas.

2.2.8.3.3 Cargas distribuidas

Se refiere a las cargas que están apiladas en almacenes industriales, los cuales producen esfuerzos de flexión. Para su respectivo diseño se necesita la máxima intensidad de carga, las dimensiones del área, el ancho del pasillo y la ubicación de las juntas transversales.

2.2.8.3.4 Cargas lineales

Son cargas distribuidas sobre un área estrecha y si su ancho es menor a un tercio de la rigidez de la losa, por ejemplo los muros. Para su diseño se necesita la máxima intensidad y duración de carga también las dimensiones del área que soporta la carga.



2.2.9 Diseño de pavimentos

Existen diferentes metodologías para el diseño del pavimento rígido, las cuales buscan el dimensionamiento óptimo del espesor de la estructura basado en las diferentes solicitudes.

En la investigación se emplea el TR34 (Technical Report No.34) con el cual se puede diseñar losas reforzadas con fibras de acero, con las fibras Wirand FF1.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, por otra parte tenemos el método de diseño AASHTO 93 el cual estima que para una construcción nueva de pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. Conforme que transcurre el tiempo, y las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El presente método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño.

2.2.9.1 Reporte técnico (TR N°34)

Technical Report 34 (2016) menciona que, para este reporte el cálculo de esfuerzos de la losa está basado en el análisis plástico, por consiguiente requiere que la losa tenga una adecuada ductilidad, que es proporcionada por el uso correcto de fibras o también de acero reforzado que ayuda a la losa a tener un comportamiento adecuado al post-agrietamiento. No es apropiado diseñar con métodos plásticos las losas que no tienen suficiente fibras o refuerzo ya que estas no tendrán la ductilidad suficiente para este tipo de método, se recomienda diseñar por métodos elásticos.

En el diseño de losas por flexión, para hallar el estado último, se utiliza la teoría de la línea, la cual requiere una adecuada ductilidad para asumir un comportamiento plástico.

Otra consideración, es la situación crítica de la carga; si está concentrada cerca de un borde o una esquina, la cual atraviesa la junta, se debe considerar en el diseño una gran transferencia de cargas entre losas.

2.2.9.1.1 Método británico

Este método considera la redistribución de momentos generando rotulas plásticas en la losa, las cuales aparecen en las zonas de momentos máximos. Este comportamiento produce una modificación en el diagrama de momento elástico.

Meyerhof (1962) realizó el análisis del esfuerzo último en losas, basándose en un análisis plástico, desarrollando ecuaciones para diferentes ubicaciones de cargas: en la esquina (encuentro de dos juntas), en el borde e interna, así como también las combinaciones de estas (Yield Line Theory).

A continuación se presentan los parámetros del concreto que considera este modelo:



Tabla 5.

Parámetros del concreto

	N/mm ²	kg/cm ²	N/mm ²	kg/cm ²	N/mm ²	kg/cm ²	N/mm ²	kg/cm ²
f_{ck}	20.60	210.00	24.03	245.00	27.47	280.00	28.00	285.40
f_{cm}	28.60	-	23.03	-	35.47	-	36.00	-
f_{ctm}	2.25	-	2.50	-	2.73	-	2.77	-
$f_{ctk(0.05)}$	1.58	-	1.75	-	1.91	-	1.94	-
E_{cm}	30.15	-	31.20	-	32.16	-	32.31	-

Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016)

Donde:

- f_{ck} : Resistencia a la compresión en molde cilíndrico.
- f_{cm} : Es la resistencia a la compresión media en un molde cilíndrico

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

- f_{ctm} : Es la resistencia a la tracción axial media

$$f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3}$$

- $f_{ctk(0.05)}$: Es la resistencia a la tracción

$$f_{ctk(0.05)} = 0.7f_{ctm}$$

- E_{cm} : Es el módulo de elasticidad

$$E_{cm} = 22 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

- $f_{ctk,fl}$: Es la resistencia a la flexión del concreto plano

$$f_{ctk,fl} = \left[1 + \frac{200^{0.5}}{h} \right] f_{ctk(0.05)} \leq 2f_{ctk(0.05)}$$

Dónde: h= espesor de la losa (mm)

En lo que respecta a las fibras de acero, se tomará en cuenta la resistencia equivalente a la flexión ($R_{e,3}$) de las fibras, este valor es principalmente dependiente del tipo de fibra y la dosificación. El parámetro se halla experimentalmente según el ensayo japonés JSCE SF4 /22, se presenta a continuación:



Tabla 6.
Resistencia Equivalente de las Fibras de Acero

Dosificación de fibra		$R_{e,3}$ (%)
kg/ m ³	Lb/ yd ³	FF1
20	34	48
25	42	57
30	50	64
35	60	71
40	67	77
45	75	83
50	85	89

Nota. Tomado de *Concrete Society Technical Report N°34*

Otro parámetro a tener en cuenta es el Módulo de reacción de la subrasante (k). Para poder relacionar este valor con el CBR, el cual es de uso común en nuestro medio podemos utilizar el grafico semilogaritmico que se encuentra en la **Figura 15**.

Adicionando al módulo de reacción de la subrasante k, Westergaard introduce el concepto de radio de rigidez relativa “ ι ”, el cual es determinado calculando la raíz cuarta de la rigidez de la losa dividida entre el módulo de reacción de la subrasante.

$$\text{Rigidez de la losa} = \frac{E_{cm}h^{0.3}}{12(1-\nu^2)}$$

- E_{cm} : Es el módulo de elasticidad del concreto (N/mm²).
- h : Espesor de la losa (mm).
- ν : Relación de Poisson, toma el valor de 0.2.

Entonces el radio de rigidez relativa tendrá la siguiente forma:

$$\iota = \left[\frac{E_{cm}h^{0.3}}{12(1-\nu^2)k} \right]^{0.25}$$

2.2.9.1.1.1 Método “Yield Line Theory”

En el Reporte Técnico N° 34 explica de manera básica del método “Yield Line Theory”.

Technical Report 34 (2016) menciona que, este método considera la aplicación de cargas concentradas en áreas circulares pequeñas sobre una losa de gran tamaño que generan esfuerzos que tienden a ser iguales a la resistencia límite última a la tracción del concreto en la parte inferior de la losa. En este estado, se supone que el momento a la flexión a lo largo de las líneas de fluencia (momento positivo) es el valor total del momento plástico (o residual después



de la fisuración). Sin embargo, un requisito de serviciabilidad principal es evitar grietas en la superficie de la losa, donde el momento de flexión de la losa a lo largo de las líneas de deformación se limita al momento de agrietamiento de diseño del concreto, aunque con el factor de seguridad parcial apropiado para este estado límite último. Este comportamiento dúctil de la losa es proporcionado por el uso de fibras o acero de refuerzo en el concreto. En cuanto a las cargas, estas deberán ser consideradas puntuales bajo dos condiciones de falla, por flexión y por punzonamiento; en donde el diseño de la losa, bajo cargas puntuales, se da en el estado límite último del concreto, el cual está basado en la teoría de las líneas de rendimiento (Yield Line Theory).

Por otro lado, el espesor mínimo de diseño es de 150 mm para las losas soportadas directamente sobre el terreno de acuerdo al TR N° 34. En ese sentido, se debe tomar en cuenta la reducción del espesor de la losa causada por mallas de acero, rieles, bucles de inducción, cables guía y otras características.

Enfoque Básico para cargas puntuales

En la **Figura 16** se presenta el caso de una carga puntual aplicada sobre una pequeña área circular en una gran losa de concreto apoyada sobre el suelo. A medida que aumenta la carga, los esfuerzos de flexión debajo de la carga serán iguales a la resistencia a tracción del concreto. La losa comenzará a ceder, lo que provocará grietas de tensión radial en la parte inferior de la losa causadas por momentos tangenciales positivos.

El momento por unidad de longitud en donde las tensiones de flexión igualan a la resistencia del concreto es:

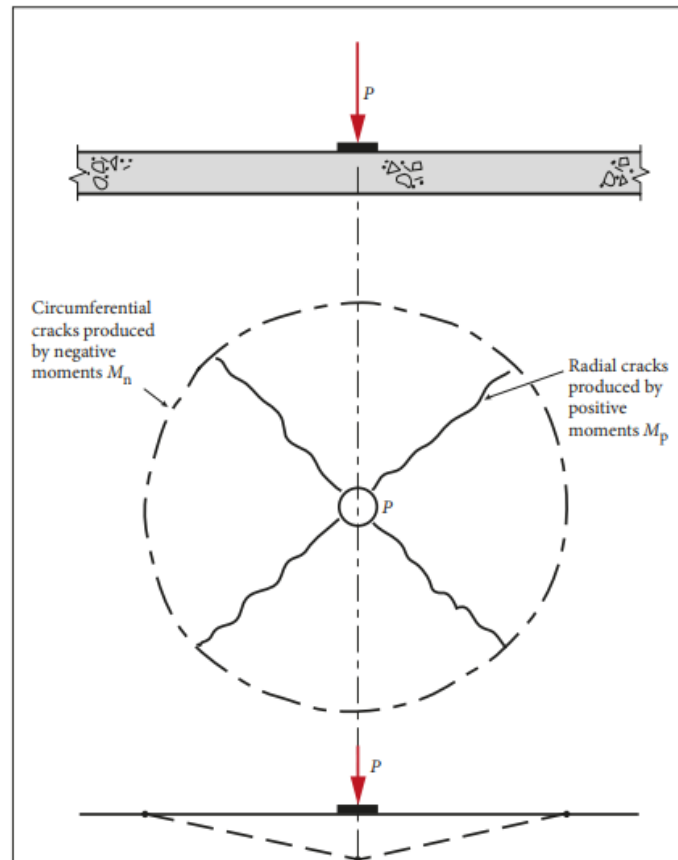
$$M = f_{ctk,fl} \left(\frac{h^2}{6} \right)$$

Technical Report 34 (2016) indica que, con el aumento de la carga, los momentos se distribuyen y el momento positivo ya no aumenta, sin embargo a cierta distancia de la zona cargada aumenta de manera considerable el momento circunferencial. Al exceder el momento máximo negativo que puede soportar la losa aparecen las primeras fisuras en la parte superior dando como consecuencia que la estructura ya no es funcional.



Figura 16.

Enfoque para una carga puntual.



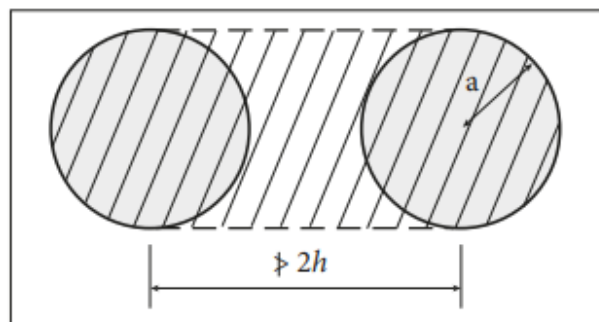
Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016)

A. Ecuaciones de diseño

Cuando se tiene el área de la placa base o área de contacto, se convierte en un círculo con radio “a”, si las placas base están muy juntas, se combinan como si fuera una sola. El espaciamiento entre centros no debe exceder 2 veces el espesor de la losa; si esto sucede se toman como cargas y áreas independientes sino se combinan sus áreas y se suman sus cargas.

Figura 17.

Cálculo equivalente del área de contacto de 2 cargas puntuales cercanas.



Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016)

La norma británica, estipulada por el Eurocódigo, considera tres posiciones de carga, definidas por Meyerhof:

- Carga interna: El centro de la carga se ubica más que “ $l+a$ ” desde el borde.
- Carga de borde: El centro de la carga se ubica en el borde más que “ $l+a$ ” desde la esquina.
- Carga de esquina: El centro de la carga está ubicado a una distancia “ a ” desde los bordes formando una esquina.

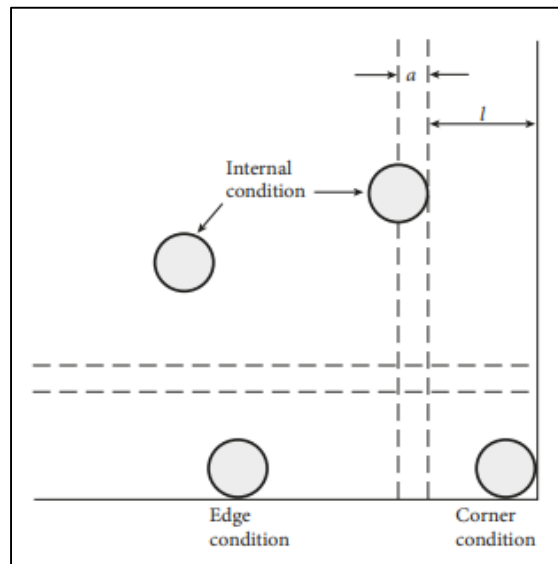
Donde:

l = Radio de rigidez relativa

a = Radio equivalente de contacto de la carga.

Figura 18.

Definición de ubicaciones de cargas



Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016)

A continuación se calcula la capacidad de la losa para momentos negativos y positivos, para esto se supone un espesor de losa, y también se necesita saber la resistencia a flexión del concreto simple:

$$M_n = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} \left(\frac{h^2}{6} \right)$$

Dónde:

- γ_c : factor de seguridad del material concreto, el cual es conocido 1.5.
- M_n : Capacidad de momento negativo (kN.mm).
- $f_{ctk,fl}$: Índice de Resistencia a la flexión (N/mm^2).



También se calcula la capacidad del momento positivo, añadiendo la dosificación necesaria de fibra, se obtiene un índice de resistencia a la flexión ($R_{e,3}$):

$$M_p = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} (R_{e,3}) \left(\frac{h^2}{6} \right)$$

Dónde:

- M_p : Capacidad de momento positivo (kN.mm).

Para cualquier tipo de carga es posible asociar un coeficiente de seguridad, el TR-34 recomienda usar los siguientes coeficientes de seguridad:

- $\gamma = 1.2$ para cargas permanentes como por ejemplo estanterías
- $\gamma = 1.5$ para cargas accidentales
- $\gamma = 1.6$ para cargas dinámicas, como por ejemplo máquinas, camión de diseño, montacargas, etc.

a) Una sola carga

Las siguientes ecuaciones para cargas internas, borde y cargas de esquina se toman de Meyerhof donde se tiene que realizar una interpolación lineal para los valores de a/l entre 0 y 0,2.

Cargas internas:

- Para una relación $a/l = 0$

$$P_u = 2\pi(M_p + M_n)$$

- Para una relación $a/l = 0.2$

$$P_u = \frac{4\pi(M_p + M_n)}{1 - \left(\frac{a}{3l}\right)}$$

Para cargas de borde libre:

- Para una relación $a/l = 0$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n)}{2} + 2M_n$$

- Para una relación $a/l = 0.2$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n) + 4M_n}{1 - \left(\frac{2a}{3l}\right)}$$

Para cargas en esquina:

- Para una relación $a/l = 0$

$$P_u = 2M_n$$

- Para una relación $a/l=0.2$

$$P_u = \frac{4M_n}{1 - \left(\frac{a}{l}\right)}$$

b) Cargas puntuales dobles

Para cargas puntuales dobles, donde el espaciado de la línea central “x” es menor de “2h” (el doble del espesor de la losa), se debe usar el enfoque anterior **Figura 19**.

De lo contrario, la carga de falla total se aproxima a lo siguiente, donde se debe interpolar los valores de a/l entre 0 y 0.2:

Interpolar para valores de a/l entre 0 y 0.2.

- Para una relación $a/l=0$

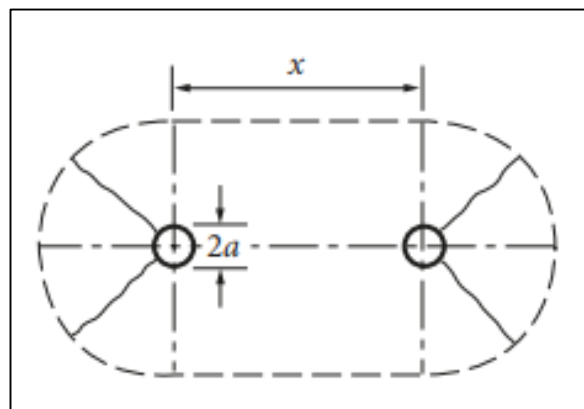
$$P_u = \left[2\pi + \left(\frac{1.8x}{l}\right)\right] (M_p + M_n)$$

- Para una relación $a/l=0.2$

$$P_u = \left[\frac{4\pi}{1 - \left(\frac{a}{3l}\right)} + \frac{1.8x}{1 - \left(\frac{a}{2}\right)} \right] (M_p + M_n)$$

Figura 19.

Carga en dos puntos



Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016)

c) Cargas puntuales cuádruples

Las separaciones a ejes son consideradas “x” e “y” como se muestra en la **Figura 20** todas las cargas se encuentran en una posición interna de la losa.

- Para una relación $a/l=0$

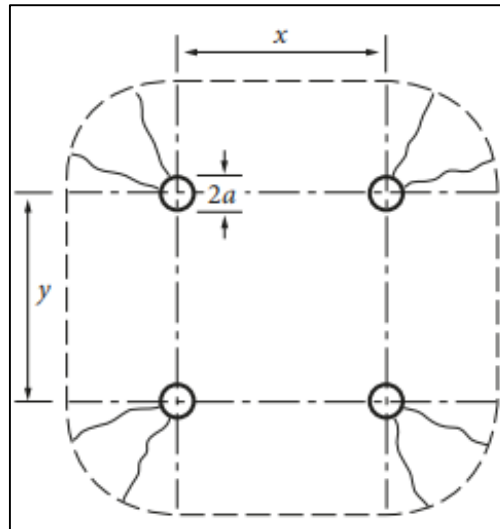
$$P_u = \left[2\pi + \left(\frac{1.8(x + y)}{l}\right)\right] (M_p + M_n)$$

- Para una relación $a/l = 0.2$

$$P_u = \left[\frac{4\pi}{1 - \left(\frac{a}{3l}\right)} + \frac{1.8(x + y)}{1 - \left(\frac{a}{2}\right)} \right] (M_p + M_n)$$

Figura 20.

Carga en cuatro puntos



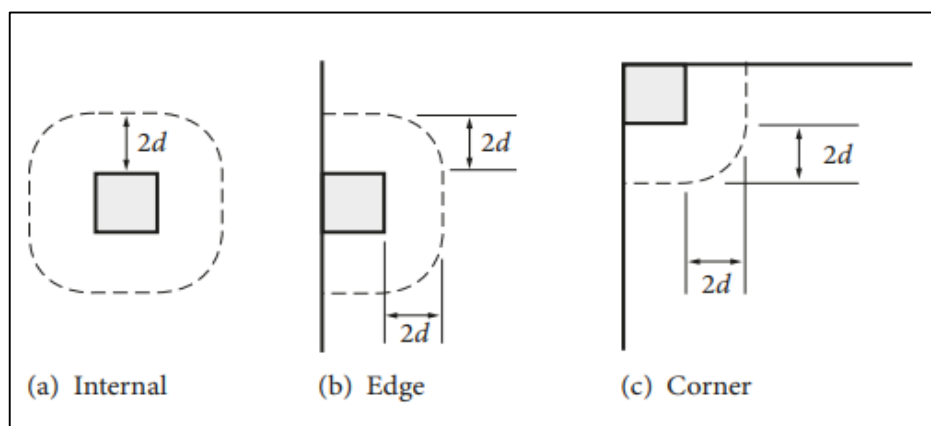
Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016)

B. Punzonamiento

Se consideran dos criterios, el primero es considerar el cortante en la cara del área de contacto y el segundo es en el perímetro crítico asignado con el valor número de “2d” de la cara de área de contacto, siendo “d” la profundidad efectiva. En los códigos de diseño, como el Eurocódigo 2, se asume que la losa no está reforzada y también ignora el efecto de las fibras de acero por ende: $d = 0.75 \times h$

Figura 21.

Perímetros críticos para punzonamiento para cargas internas, de borde y de esquina



Nota. Tomado de (Technical Report 34, 2016)



b.1. Cortante en la cara del área cargada.

La capacidad de corte por punzonamiento se determina de acuerdo con el Eurocódigo, independientemente del refuerzo de la losa, el esfuerzo cortante no debe exceder el valor $V_{m\acute{a}x}$.

$$V_{m\acute{a}x} = 0.5k_2f_{cd}$$

Donde:

- f_{cd} : Resistencia a la compresión de diseño de concreto.
- $f_{cd}: f_{ck}/\gamma_c$
- $k_2 = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$
- f_{ck} : Característica de la resistencia a la compresión.

Finalmente, la capacidad máxima de carga en punzonamiento es:

$$P_{p,m\acute{a}x} = V_{m\acute{a}x}u_0d$$

Donde:

- u_0 : El perímetro a la cara del área cargada.
- d : Es la profundidad efectiva.

b.2 Cortante en el perímetro crítico.

Se calculará la cortante a una distancia “2d” de la cara de área de contacto, en este caso la presencia de fibras de acero aumentará considerablemente la capacidad de corte. La cantidad que aumenta la resistencia es “ V_f ”, expresado de la siguiente manera:

$$V_f = 0.12 * R_{e,3} * f_{ctk,fl}$$

Ahora se calcula en el perímetro crítico, la capacidad de carga de la losa fibroreforzado:

$$P_p = 0.035k_1^{3/2}f_{ck}^{1/2} + V_fu_1D$$

Dónde:

- $K_1 = 1 + \left(\frac{200}{d}\right)^{0.5}$
- $u_1 = u_0 + (\pi \times 2d)$
- u_1 : es la longitud del perímetro crítico (mm)



2.2.9.2 Método de diseño AASHTO 93

Cornejo (2009) menciona que, el método de diseño AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) está basado fundamentalmente en la recopilación de datos empíricos que se obtuvieron de la prueba “AASHO Road Test”. La cual tuvo por principio relacionar el comportamiento específicamente de las secciones de un pavimento ante las cargas que soporta la capa de rodadura para que luego esto pueda ser usado en el procedimiento y desarrollo de criterios de diseño de pavimentos.

Procedimientos de diseño:

- Estimación del período de diseño.
- Estimación del tráfico para el Periodo de diseño (W18).
- Determinación de la confiabilidad (R) y Desviación estándar total (So).
- Determinación del módulo de reacción efectivo de la subrasante (k).
- Determinación de pérdida de serviciabilidad de diseño.
- Determinación del espesor de losa (D).

2.2.9.2.1 Estimación del período de diseño.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, el periodo de diseño minimo será de 20 años para pavimentos rigidos. Siendo así que el diseñador puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto.

2.2.9.2.2 Tránsito de diseño

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, una de las características propias que tiene la metodología AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito a ejes equivalentes de 8.2 ton por peso, los cuales se le conocen como ESALs (Equivalent Single Axle Load). El cálculo de los numeros de reiteraciones de Ejes Equivalentes (EE) se hallará mediante relaciones simplificadas, las formulas se encuentran en la **Figura 22**.

Figura 22.

Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 ton})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 17.5]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



Para diseñar un pavimento se debe tener una proyección de los Ejes Equivalentes que recorrerán por el carril, durante el periodo de diseño.

El número de reiteraciones de EE de 8.2tn, para un determinado periodo de diseño se calcular bajo la siguiente expresión:

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2 \text{ ton}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times Fca \times 365]$$

Donde:

- $Nrep \text{ de } EE_{8.2 \text{ ton}}$: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton
- $EE_{\text{día-carril}}$: Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i$$

- IMD_{pi} : Representa el Índice Medio Diario según clasificación de vehículo (i)
- Fd : Factor Direccional.
- Fc : Factor Carril de diseño. Verificar **Figura 23**
- Fvp_i : Factor de vehículo según clasificación, que se calcula según la cantidad de ejes.
- Fp : Factor de Presión de neumáticos.
- Fca : Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo.

La tasa anual de crecimiento de tránsito esta correlacionada con el crecimiento socio-económico. Varían entre 2% y 6%. Pueden variar sustancialmente si existieran varios proyectos en desarrollo por implementarse a corto plazo con cierta seguridad. Verificar **Figura 24**.

Figura 23.

Factores de Distribución Direccional y de Carril

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



Figura 24.

Tasa anual de crecimiento de acuerdo al periodo de diseño y el factor sin crecimiento.

Período de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

El periodo de diseño mínimo recomendado es de 20 años. Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos rígidos, según el manual de Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014), se definen tres categorías:

- a. Para vías de bajo volumen de tránsito, de 150,001 EE hasta 1'000,000 EE.

Figura 25.

Cantidad de Reiteraciones Acumuladas de EE de 8.2tn.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



- b. Para vías con un volumen de tráfico, desde 1'000,001EE hasta 30'000,000EE, en el carril y periodo de diseño.

Figura 26.

Cantidad de Reiteraciones Acumuladas de EE de 8.2tn, en el carril de diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

- c. Para vías que tienen un tránsito mayor a 30'000,000 EE, en el carril y período de diseño.

Figura 27.

Numero de Reiteraciones Acumuladas de EE de 8.2tn.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

2.2.9.2.3 Serviciabilidad

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial (Pi) e índice de servicio final o Terminal (Pt). En la ecuación se ingresa la diferencia entre los valores de serviciabilidad inicial y final, determinándose una variación o diferencial entre ambos índices (Δ PSI). La serviciabilidad es la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía.



Figura 28.

Parámetros de Serviciabilidad de acuerdo a los Ejes Equivalentes Acumulados.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

2.2.9.2.4 La confiabilidad “R” y la desviación estándar (So)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, la confiabilidad se hace presente con la finalidad de cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procedimientos de construcción, etc. Que hace que los pavimentos construidos de una forma similar presenten comportamientos de deterioro diferentes. El rango típico sugerido por AASHTO está comprendido entre $0.30 < So < 0.40$, en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se recomienda un $So = 0.35$.

Tabla 7.

Valores recomendados para la confiabilidad (R), Desviación estándar normal (Zr) y Error estándar combinado (So)

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Local	80-99	75-95
Colectoras	80-95	50-80

Nota. Tomado de (AASHTO, 1993).



Figura 29.

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad y Desviación Estándar Normal.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE	DESVIACIÓN
				CONFIABILIDAD	ESTÁNDAR NORMAL
				(R)	(Z _R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

2.2.9.2.5 El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, para los proyectos de ingeniería de caminos se toma en cuenta, en general, realizar una mejora en el nivel de soporte de las capas inferiores al pavimento, denominadas capas intermedias granulares o tratadas, por ejemplo, el afirmado, siendo este un material granular con gradación, que según requerimientos, se coloca sobre la subrasante, mejorando de esta manera las condiciones de apoyo de los vehículos que transiten sobre el pavimento, además puede reducir el espesor calculado de concreto.

California Bearing Ratio (CBR)

AASHTO T-193 (2006) menciona que, el ensayo se realiza en el laboratorio de mecánica de suelos en ciertas condiciones de humedad y densidad, además puede operarse de forma análoga sobre muestras tomadas directamente del terreno sin previa manipulación. El índice CBR se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de cualquier tipo de suelo, ya sea subrasante, base o sub-base.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) indica que, se considera como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. La

presencia de la sub base granular o base granular, de calidad superior a la sub rasante, permite aumentar el coeficiente de reacción de diseño, en tal sentido se aplicará la siguiente ecuación:

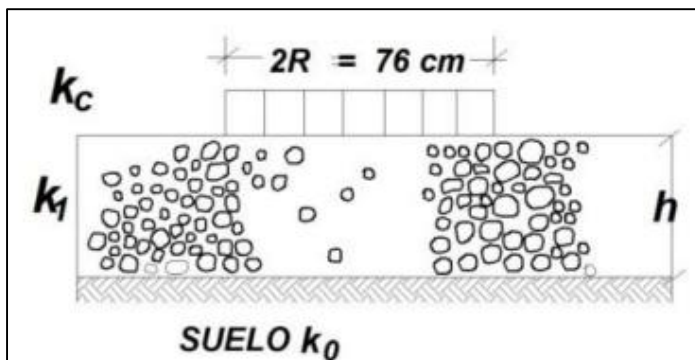
$$k_c = k_o * \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 * \left(\frac{k_1}{k_o} \right)^{2/3} \right]^{0.5}$$

Donde:

- k_1 (kg/cm³): Coeficiente de reacción de la sub base granular.
- k_c (kg/cm³): Coeficiente de reacción combinado.
- k_o (kg/cm³): Coeficiente de reacción de la sub rasante.
- h : Espesor de la sub base granular.

Figura 30.

Suelo y coeficiente de reacción



Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

2.2.9.2.6 Resistencia a flexotracción del concreto (Mr)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión por ello es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (Mr) está normado por ASTM C – 78.

Figura 31.

Valores recomendados de resistencia del concreto según tráfico.

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (Mr)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



2.2.9.2.7 Módulo elástico del concreto

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, el módulo de elasticidad es un parámetro importante para dimensionar el diseño de pavimento de concreto. Los concretos de alta resistencia (superior a 40 Mpa), se recomienda estimar por una correlación recomendada por el ACI.

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

2.2.9.2.8 Coeficiente de drenaje (Cd)

Para hallar este parámetro es necesario determinar la capacidad de drenaje, la cual es hallada mediante el tiempo en que tardan en ser evacuadas las aguas de lluvia de un pavimento. Por otro lado, el parámetro a determinar esta expresado en porcentaje del tiempo en el que un pavimento es expuesto a humedad de niveles altos.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, el coeficiente de drenaje Cd varía entre 0.70 y 1.25. Un Cd alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo el espesor de concreto a calcular. Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del Manual, el coeficiente de drenaje para las capas granulares asumido, fue de 1.00.

Figura 32.

Condiciones de drenaje

Calidad de Drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Insuficiente	1 mes	mas de 10 horas
Muy Insuficiente	El agua no drena	mucho mas de 10 horas

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Figura 33.

Porcentaje del tiempo del pavimento expuesto a humedad

Calidad de drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 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
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Insuficiente	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Insuficiente	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



2.2.9.2.9 Transferencia de cargas (J)

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, este parámetro es aplicado al diseño de un pavimento rígido el cual expresa la transmisión de cargas sobre la capacidad de la estructura. El valor del coeficiente (J) afecta directamente al espesor de la losa de concreto hidráulico. Siendo así, que a un valor mayor de (J), se tendrá un mayor espesor de concreto.

Figura 34.

Valores de coeficiente de transmisión de carga (J)

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

2.2.9.2.10 Espesor de carpeta de rodadura requerida

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, el cálculo del espesor se puede desarrollar utilizando directamente la fórmula AASHTO 93 con una hoja de cálculo, mediante el uso de nomogramas, o mediante el uso de programas de cómputo especializados.

$$\begin{aligned}
 \log_{10} W_{18} = & Z_r S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} \\
 & + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{Mr C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right)} \right)
 \end{aligned}$$

Donde:

- W_{18} : Trafico estimado en ejes equivalentes de 8.2tn. para el periodo de vida útil.
- Z_r : Factor de desviación Normal para el nivel de confiabilidad R.
- S_0 : Desviación estándar de las variables.
- D: Espesor de capa de rodadura en milímetros.
- ΔPSI : Diferencial de serviciabilidad prevista para el diseño.
- P_t : Serviciabilidad final.



- M_r : Módulo de rotura del concreto (Mpa).
- J : Factor de transferencia de carga.
- C_d : Coeficiente de drenaje.
- E_c : Módulo de elasticidad del concreto (Mpa).
- K : Módulo efectivo de reacción del terreno de fundación (Mpa/m).

2.2.9.2.11 Juntas longitudinales y juntas transversales

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, el objetivo de las juntas es controlar la fisuración y agrietamiento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad, así como a las variaciones de temperatura que sufre la losa por su exposición al medioambiente.

Tipos de Juntas

a) Juntas Longitudinales

- De contracción: Son aquellas que dividen los carriles de tránsito y controlan el agrietamiento y fisuración cuando se construyen en simultáneo dos o más carriles.
- De construcción: Son realizadas entre carriles, donde el concreto es vaciado en diferentes días.

b) Juntas Transversales

- De contracción: Son aquellas que se construyen transversalmente a la línea central del pavimento y están espaciadas para controlar la fisuración y el agrietamiento provocado por la retracción del concreto, y por los cambios de humedad y temperatura.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, el espaciamiento recomendado entre juntas no debe exceder los 4.50 metros.

- De construcción: Estas son efectuadas a la culminación de la jornada de trabajo, cuando existe un cambio de pendiente o también cuando es imposible seguir con el vaciado del concreto por interrupciones no programadas.
- De dilatación: Este tipo de juntas son desarrolladas transversalmente al eje, el objetivo principal de dicha junta es que el desplazamiento horizontal del pavimento sea posible. Usualmente los pavimentos rígidos no necesitan de estas juntas.



Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) indica, para la determinación de la colocación de las juntas longitudinales y transversales es necesario precisar el tamaño de las losas. La longitud de la losa no debe ser mayor a 4.50 m, ni mayor a 1.25 veces el ancho del paño. Se recomiendan losas cuadradas en lugares donde la altura supere los 3000 m.s.n.m.

Figura 35.

Dimensiones de Losa

ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Nota. Tomado de (*Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014*).

2.2.9.2.12 Mecanismos de transferencia de carga

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) indica que, es la capacidad que tienen las juntas en distribuir las cargas equitativamente en paños adyacentes. Los mecanismos son de suma importancia ya que estos aseguran un mejor desempeño del pavimento rígido disminuyendo los desplazamientos, las deflexiones y fisuras.

Tipos de mecanismos de transferencia de carga

- a) Trabazón de agregados: Es el engranaje mecánico que existe entre ambos lados de los paños adyacentes. Este tipo de mecanismo es dependiente del espacio que existen entre las juntas transversales, también del tráfico y puede ser usado en diseño de pavimentos rígidos con un número menor a 4'000,000 EE.

Usualmente el comportamiento de los agregados triturados es mejor que el de los zarandeados cuando a su funcionamiento se refiere, el tamaño de agregados es de suma importancia al momento de transferir cargas.

- b) Dowells o pasadores: Incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados, es necesaria para pavimentos con un número de repeticiones mayores a 4'000,000 EE en el período de diseño.

Los pasadores son barras lisas de acero, los cuales son colocados en medio de las juntas con el fin de distribuir equitativamente las cargas en los paños adyacentes, logrando así tener un alineamiento horizontal en el pavimento.



Figura 36.

Longitudes y diámetros recomendados para Dowells.

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 ¼"	460	300
300 - 430	38	1 ½"	510	380

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

2.2.9.2.13 Barras de amarre

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) menciona que, son aceros corrugados colocados en la parte central de la junta longitudinal con el propósito de anclar carriles adyacentes, mejorando la trabazón de los agregados y contribuyendo a la integridad del sello empleado. Como ya se ha mencionado, pueden servir como mecanismos de transferencia de carga.

Figura 37.

Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre de 150 a 240 mm de espesor

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Figura 38.

Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre de 250 a 300 mm de espesor

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. x LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

2.2.10 Procedimiento constructivo de un pavimento Rígido

Se tiene el proceso constructivo del pavimento rígido sin refuerzo y pavimento reforzado con fibras de acero.

2.2.10.1 Pavimento Sin refuerzo

Proceso tradicional de la construcción de un pavimento rígido:

Figura 39.

Vaciado de concreto con mixer



Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

Figura 40.

Vibrado y nivelación de los tramos del pavimento



Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

Figura 41.

Detalle de las juntas y acabado final



(a)



(b)

Nota. (a) Detalle de las juntas con una cortadora de concreto (b) Acabado final del pavimento. Tomado de (Maccaferri, 2009)

2.2.10.2 Pavimento Con refuerzo

Se presenta una descripción fotográfica del proceso de inserción y aplicación de las fibras.

Figura 42.

Dosificación de fibras utilizando baldes como medida standard.



Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).

Figura 43.

Se vacía los baldes directamente dentro del mixer.



Nota. Tomado de (Maccaferri, 2009).



Figura 44.

Las fibras se adicionan al concreto premezclado



Nota. Las fibras se desplazan libremente hacia el fondo del mixer, motivo por el cual deberá estar rotando a velocidad media durante este proceso. Tomado de (Maccaferri, 2009).

Figura 45.

Luego de colocar las fibras se realiza la medición del Slump.



Nota. Culminando la adición de las fibras se debe dejar por máximo 2 minutos el mixer rotando a alta velocidad para su correcto esparcimiento. Tomado de (Maccaferri, 2009).

Figura 46.

Aspecto de la mezcla totalmente uniforme sin bolas o grumos de fibras.



Nota. Es importante regular la granulometría máxima del árido en función del tamaño de la fibra usada. Tomado de (Maccaferri, 2009).



2.3 Hipótesis.

2.3.1 Hipótesis general.

La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a compresión en un 15% - 40%, tracción indirecta en un 5% - 30% y flexión en un 35% - 50%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.

2.3.2 Sub hipótesis.

Sub hipótesis N° 1.- La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a compresión en un 15% - 40%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.

Sub hipótesis N° 2.- La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a tracción indirecta en un 5% - 30%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.

Sub hipótesis N° 3.- La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a flexión en un 35% - 50%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.

2.4 Definición de variables

2.4.1 Variables Independientes

- Concreto hidráulico adicionado con fibras metálicas Wirand FF1:

El concreto fibroreforzado es una mezcla constituida a partir de cemento hidráulico, agua, agregados finos y gruesos, y también fibras metálicas. Las fibras metálicas tienen una incidencia en el comportamiento del concreto cuando se emplea como refuerzo en función a la dosificación y su dimensión.

Para esta investigación se tendrá una dosificación de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas tomando este valor en base a lo mencionado en el Concrete Society Technical Report N°34, donde las dosificaciones varían de un mínimo de $20 \frac{kg}{m^3}$, $25 \frac{kg}{m^3}$, $30 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$, $40 \frac{kg}{m^3}$, $45 \frac{kg}{m^3}$, hasta $50 \frac{kg}{m^3}$, siendo la elección de la cantidad de fibra a criterio del diseñador.

2.4.1.1 Indicadores de Variables Independientes.

- Adición de 20 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m³ de concreto:
 - Peso por volumen (kg/m³)
- Adición de 35 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m³ de concreto:



- Peso por volumen (kg/m³)
- Adición de 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m³ de concreto:
 - Peso por volumen (kg/m³)

2.4.2 Variables Dependientes.

- Diseño de pavimento rígido:

El diseño de pavimento consiste en tener un conjunto de espesores que forman un paquete estructural capaz de soportar las cargas de tráfico al cual será sometido en su vida útil.

- Propiedades Mecánicas:

Las propiedades mecánicas describen el comportamiento del material cuando es sometido a la acción de fuerzas externas, siendo estas: resistencia a compresión, resistencia a tracción y resistencia a flexión.

2.4.2.1 Indicadores de Variables Dependientes.

- Diseño de pavimento rígido por el método Británico TR-34.
 - Módulo de subrasante: K (N/mm³)
 - Coeficiente de seguridad (adimensional)
 - Carga más crítica (kN)
 - Espesor de losa (cm)
- Resistencia a la compresión
 - Esfuerzo de compresión: f'_c (kg/cm²).
- Resistencia a la tracción
 - Esfuerzo de tracción: T (kg/cm²).
- Resistencia a flexión
 - Esfuerzo de flexión: Módulo de rotura (Mpa) o (kg/cm²).



2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 8.

Cuadro de operacionalización de variables

Tipo de Variable	Variables	Definición Conceptual de la variable	Definición Operacional de la variable.	Niveles	Indicador	Instrumentos
Independiente	Concreto adicionado con fibras metálicas Wirand FF1	El concreto fibroreforzado es una mezcla constituida a partir de cemento hidráulico, agua, agregados finos y gruesos, y también fibras metálicas.	Las fibras metálicas tienen una incidencia en el comportamiento del concreto cuando se emplea como refuerzo en función a la dosificación y su dimensión.	Adición de 20 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto	Peso por volumen (kg/m3)	Concrete Society Technical Report N°34 Norma ASTM A 820
				Adición de 35 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto	Peso por volumen (kg/m3)	
				Adición de 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto	Peso por volumen (kg/m3)	
Dependiente	Diseño de pavimento rígido	El diseño de pavimento consiste en tener un conjunto de espesores que forman un paquete estructural capaz de soportar las cargas de tráfico al cual será sometido en su vida útil.	El método de diseño TR-34, nos permite diseñar losas reforzadas con fibras de acero.	Diseño de pavimento rígido por el método Británico TR-34	Módulo de la subrasante (N/mm3)	Datos recopilados Eurocódigo2. Technical Report N°34
					Coficiente de seguridad (adimensional)	
					Carga más crítica (kN)	
Dependiente	Propiedades Mecánicas	Las propiedades mecánicas describen el comportamiento del material cuando es sometido a la acción de fuerzas externas.	Describe el comportamiento del concreto al ser aplicado a fuerzas de Compresión, Tracción y flexión.	Resistencia a compresión	Esfuerzo (Kg/cm2)	Guías en Laboratorio NTP 339.034:2015
				Resistencia a la Tracción	Esfuerzo (Kg/cm2)	Guías en Laboratorio NTP 339.084:2012
				Resistencia a la Flexión	Módulo de rotura (Mpa) o (kg/cm2)	Guías en Laboratorio NTP 339.078:2012



Capítulo III: Metodología

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación.

Según Hernández et al. (2014), la presente investigación apunta a un enfoque cuantitativo debido a que se realizó una medición numérica de las propiedades mecánicas de los especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto adicionado con fibras metálicas Wirand FF1, siguiendo una secuencia en los procedimientos de los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Materiales ASET INGENIERÍA S.R.L, donde se recopiló datos numéricos para comprobar la hipótesis planteada.

3.1.2 Nivel de la investigación.

La investigación presentada fija sus conceptos en un nivel Descriptivo, dado que se dio a conocer cada uno de los pasos y procedimientos desarrollados para determinar la variación de las propiedades mecánicas del concreto tradicional en comparación con el concreto fibroreforzado.

3.1.3 Método de Investigación

Según Hernández et al. (2014), el método de la investigación es “Hipotético-Deductivo” debido a que se tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno y la verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

3.2 Diseño de la Investigación

3.2.1 Diseño metodológico.

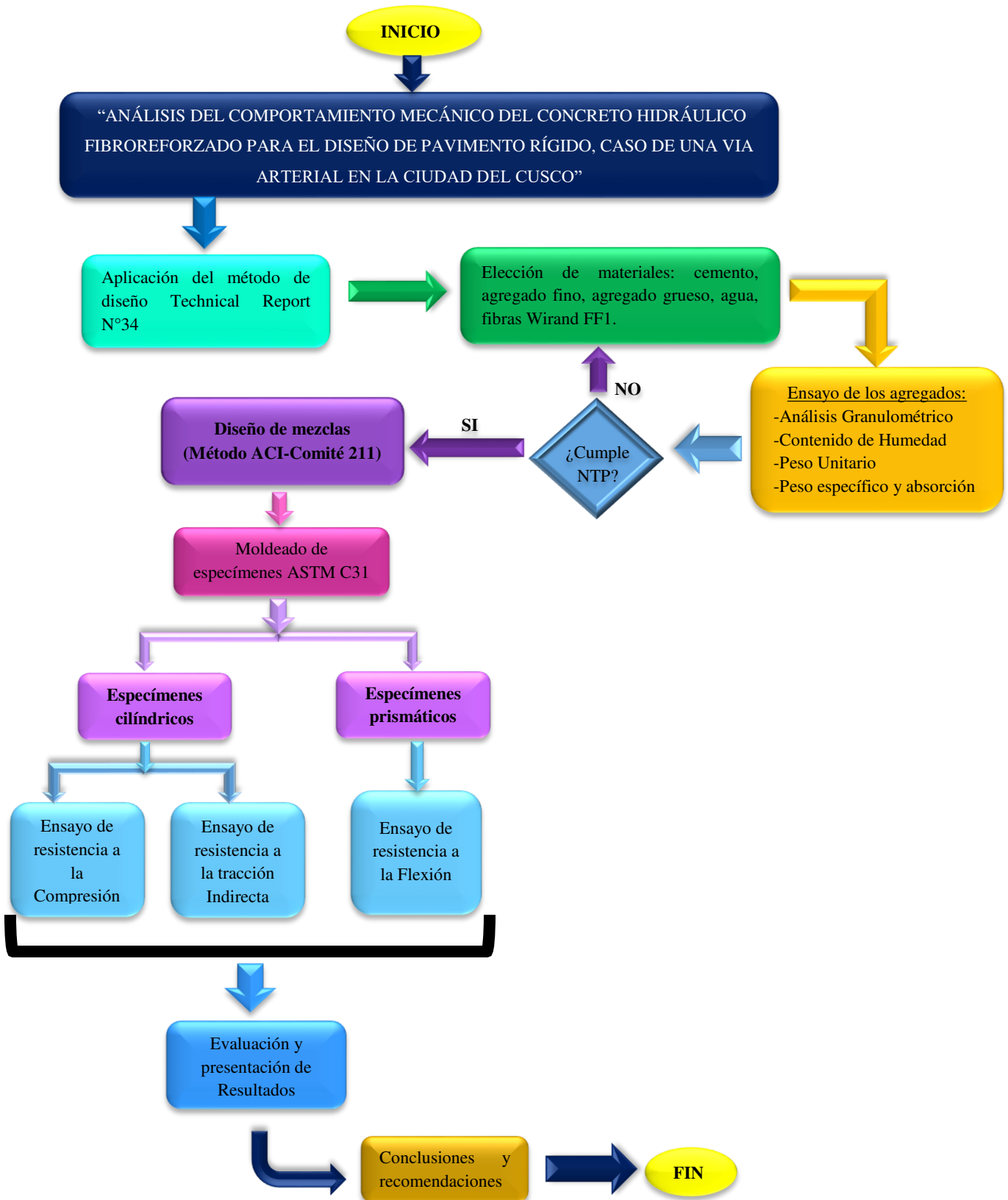
Según Hernández et al. (2014), la investigación presenta un diseño metodológico experimental, porque se realizan experimentos metodológicos y técnicos en la magnitud de las propiedades mecánicas de los especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto adicionado con fibras metálicas con la intención de controlar y validar los ensayos realizados en el laboratorio; para recabar información y obtener datos necesarios que posteriormente serán comparados entre los especímenes cilíndricos y prismáticos de un concreto convencional con un concreto adicionado con fibras metálicas Wirand FF1.



3.2.2 Diseño de Ingeniería.

Figura 47.

Flujograma de actividades para el diseño de ingeniería





3.3 Población y Muestra.

3.3.1 Población:

3.3.1.1 Descripción de la población.

Ramirez (2010) menciona que, la población la define el objetivo o propósito central del estudio, la población constituye un conjunto de elementos que forma parte del grupo de estudio, por tanto, se refiere a todos los elementos que en forma individual puede ser cobijado en la investigación.

La población de la investigación está conformada por probetas cilíndricas con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura; además de probetas de sección prismática de 6"x 6" x 54cm. Ambas muestras elaboradas con un concreto patrón y concreto con adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1.

3.3.1.2 Cuantificación de la población.

La población es finita y consta de 72 especímenes, entre ellos 24 probetas prismáticas y 48 probetas cilíndricas. La norma ASTM C 172, indica que el mínimo de muestras para evaluar un tipo de concreto estructural es de 03 muestras, también según los antecedentes nacionales, ellos utilizaron 03 por tipo de muestra, es por ello que se obtuvo un promedio de tres probetas por tipo de concreto a edades de curado de 7 y 28 días para resultados estadísticamente referenciales.

3.3.2 Muestra.

3.3.2.1 Descripción de la muestra.

Ramirez (2010) indica que, la muestra consiste en un grupo reducido de elementos en dicha población a la cual se evalúa características particulares, aunque no siempre con el propósito de inferir tales características a toda la población. En estos casos hablamos de muestras representativas y los elementos que la componen son tomados al azar muestreos aleatorios simples, estratificado aleatorio, sistemático con inicio aleatorio u otros, en el muestreo aleatorio todos los elementos tiene las mismas probabilidades de ser incluido en la muestra.

Al ser objeto de estudio una población única como es el caso de la evaluación de la presente investigación, por ende la muestra debe ser coincidente con el total de la población, por lo tanto, para el presente estudio se considera una muestra censal es decir que la muestra considera todo el universo de estudio, la muestra es igual a la población.



3.3.2.2 Cuantificación de la muestra

Al igual que la población, la cuantificación de la muestra está constituida por 72 especímenes en total para los 4 tipos de concreto: El concreto patrón con 6 probetas prismáticas y 12 probetas cilíndricas, el concreto con adición de $20 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1 con 6 probetas prismáticas y 12 probetas cilíndricas, el concreto con adición de $35 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1 con 6 probetas prismáticas y 12 probetas cilíndricas, por último el concreto con adición de $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1 con 6 probetas prismáticas y 12 probetas cilíndricas.

Tabla 9.

Cuantificación de la muestra

Ensayos	Refuerzo de Fibra metálica	Especímenes	Dosificación (kg/m3)	Días de ensayo		Total
				7 días	28 días	
Compresión	Sin refuerzo	Cilíndricos	0	3	3	6
	Wirand FF1	Cilíndricos	20	3	3	6
	Wirand FF1	Cilíndricos	35	3	3	6
	Wirand FF1	Cilíndricos	50	3	3	6
Tracción	Sin refuerzo	Cilíndricos	0	3	3	6
	Wirand FF1	Cilíndricos	20	3	3	6
	Wirand FF1	Cilíndricos	35	3	3	6
	Wirand FF1	Cilíndricos	50	3	3	6
Flexión	Sin refuerzo	Prismáticos	0	3	3	6
	Wirand FF1	Prismáticos	20	3	3	6
	Wirand FF1	Prismáticos	35	3	3	6
	Wirand FF1	Prismáticos	50	3	3	6
N° de Especímenes						72

3.3.2.3 Método de muestreo

Según Hernández et al. (2014), la investigación utiliza el método de muestreo por conveniencia (no probabilístico), para la selección de las muestras no se utilizan formulas estadísticas debido a que los investigadores fabrican sus elementos muestrales donde el número de población es igual al número de la muestra.

3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra

- Todas las muestras de concreto fueron elaborados con la norma ASTM C31, el cual indica el proceso para preparar los especímenes cilíndricos y prismáticos a utilizar en otros ensayos.
- 12 Unidades de especímenes cilíndricos ensayados a compresión a una edad de 7 días mediante la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034:2015)



- 12 Unidades de especímenes cilíndricos ensayados a compresión a una edad de 28 días mediante la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034:2015)
- 12 Unidades de especímenes cilíndricos ensayados a tracción indirecta a una edad de 7 días mediante la Norma Técnica Peruana (NTP 339.084:2012)
- 12 Unidades de especímenes cilíndricos ensayados a tracción indirecta a una edad de 28 días mediante la Norma Técnica Peruana (NTP 339.084:2012)
- 12 Unidades de especímenes prismáticas ensayados a flexión a una edad de 7 días mediante la Norma Técnica Peruana (NTP 339.078:2012)
- 12 Unidades de especímenes prismáticas ensayados a flexión a una edad de 28 días mediante la Norma Técnica Peruana (NTP 339.078:2012)

3.3.3 Criterios de inclusión

Los especímenes tienen las siguientes características:

- En la investigación se elaboró el concreto patrón con una resistencia de 280 kg/cm².
- Se utilizó cemento Pórtland tipo IP, agua potable y agregados de las canteras Vicho y Combapata.
- Se elaboró el diseño de mezcla por el método ACI.
- Los especímenes cilíndricos de dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para ensayos de compresión y tracción.
- Los especímenes prismáticos de dimensiones 6" x 6" x 54 cm, para el ensayo de flexión.
- Todas las muestras (especímenes cilíndricos y prismáticos) fueron curados por inmersión (sumergido totalmente en agua).
- Las evaluaciones de las propiedades mecánicas de los especímenes fueron de: compresión, tracción y flexión a las edades de 7 y 28 días.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

La recolección de datos se realizó en base a fichas técnicas de elaboración propia, las cuales permitieron sistematizar los datos para su adecuado análisis.

Los instrumentos de recolección de datos fueron elaborados para los siguientes ensayos:



Figura 48.

Formato de Recolección de datos - Análisis granulométrico del agregado fino

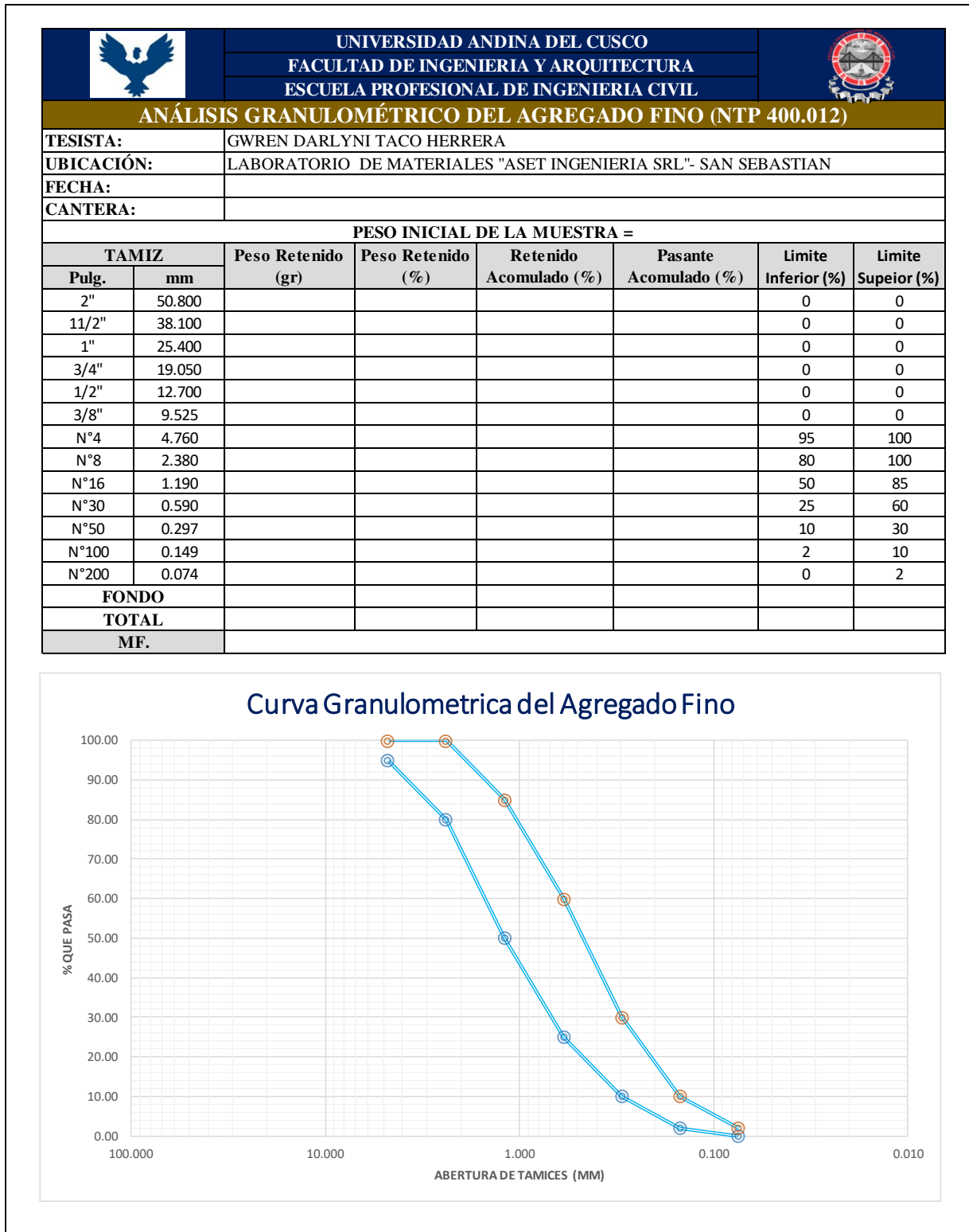




Figura 49.

Formato de Recolección de datos - Análisis granulométrico del agregado grueso

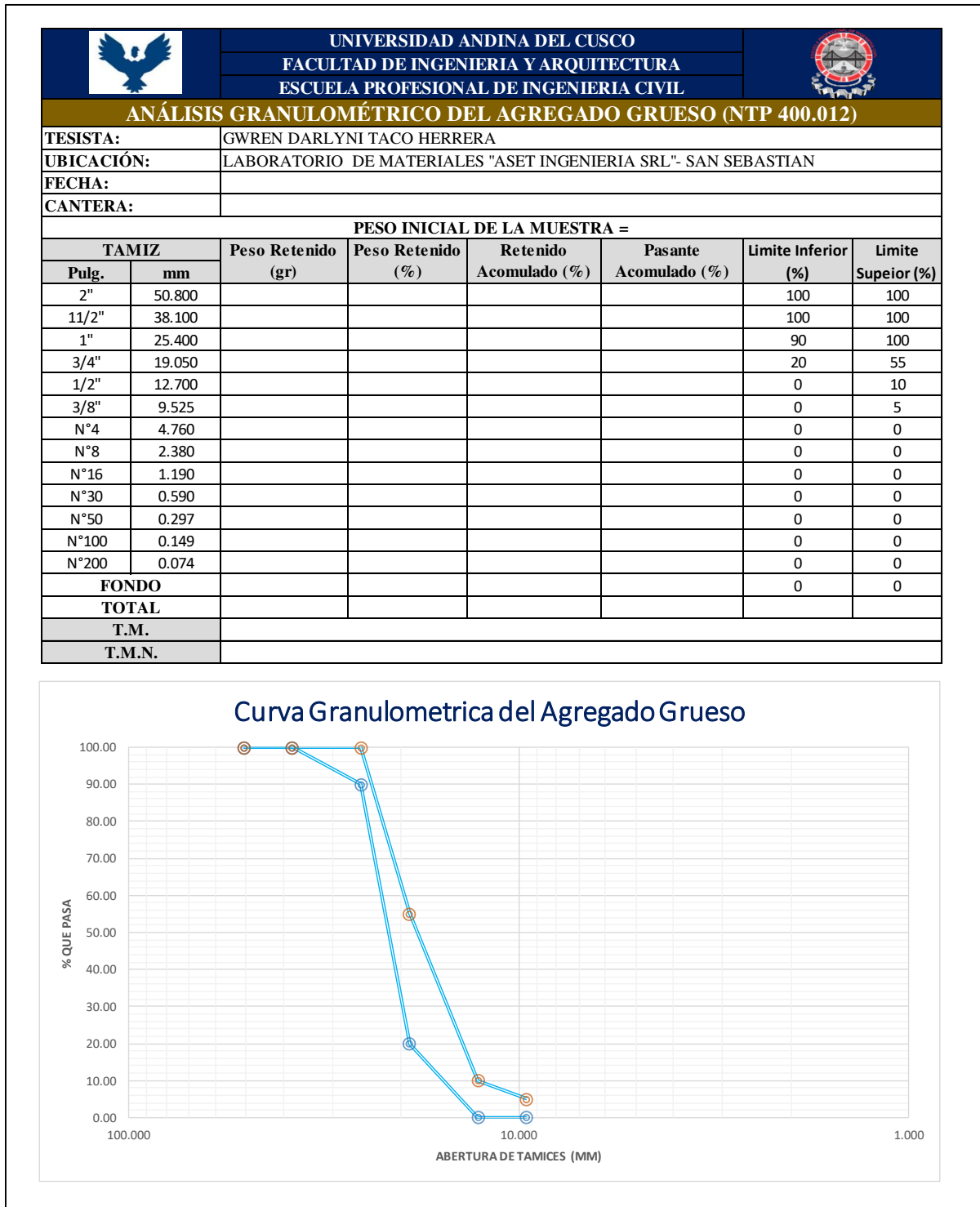




Figura 50.

Formato de Recolección de Datos - Contenido de Humedad del Agregado Fino



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (ASTM-D2216)					
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:					
CANTERA:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
Peso del molde	g				
Peso del molde + Peso de la muestra natural	g				
Peso del molde + Peso de la muestra seca	g				
Peso del agua	g				
Peso de la muestra seca	g				
Humedad	%				
Contenido de humedad Promedio	%				

Figura 51.

Formato de Recolección de Datos- Contenido de Humedad del Agregado Grueso



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (ASTM-D2216)					
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:					
CANTERA:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
Peso del molde	g				
Peso del molde + Peso de la muestra natural	g				
Peso del molde + Peso de la muestra seca	g				
Peso del agua	g				
Peso de la muestra seca	g				
Humedad	%				
Contenido de humedad Promedio	%				



Figura 52.

Formato de Recolección de datos - Peso específico y absorción del Agregado fino

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022:2013)				
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA			
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN			
FECHA:				
CANTERA:				
PESO ESPECÍFICO SECO				
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES	
A	Peso de muestra seca	gr.		
B	Peso (fiola + agua)	gr.		
C	Peso (fiola + muestra sss+agua)	gr.		
V _m	Volumen de la muestra	cm ³		
Pes	Peso específico seco	kg/cm ³		
ABSORCIÓN				
SIMBOLO	DESCRIPCION	ENSAYO 1	ENSAYO 2	
S	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)			
A	Peso de muestra seca (gr.)			
Ab	Absorción %			
Ab	Absorción promedio %			

Figura 53.

Formato de Recolección de datos - Peso específico y absorción del Agregado grueso.



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021:2013)				
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA			
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN			
FECHA:				
CANTERA:				
PESO ESPECÍFICO SECO				
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES	
	Peso Canastilla sumergida	gr.		
A	Peso de muestra seca	gr.		
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.		
C	Peso (canastilla + muestra) Sumergida	gr.		
V _m	Volumen de la muestra	cm ³		
Pes	Peso específico seco	kg/cm ³		
ABSORCIÓN				
SIMBOLO	DESCRIPCION	ENSAYO 1	ENSAYO 2	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)			
A	Peso de muestra seca (gr.)			
Ab	Absorción %			
Ab	Absorción promedio %			



Figura 54.

Formato de Recolección de Datos - Peso Unitario del Agregado Fino.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																							
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																							
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.017:2011)																									
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																							
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																							
FECHA:																									
CANTERA:																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>UNIDAD</th> <th>ENSAYO 1</th> <th>ENSAYO 2</th> <th>ENSAYO 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diametro del envase</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura del envase</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde</td> <td>cm3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Diametro del envase	cm				Altura del envase	cm				Volumen del molde	cm3			
DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																					
Diametro del envase	cm																								
Altura del envase	cm																								
Volumen del molde	cm3																								
SUELTO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																			
	Peso del molde		gr.																						
	Peso de la muestra + Molde		gr.																						
	Peso de la muestra		gr.																						
	Volumen del molde		cm3																						
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3																						
Peso Unitario Suelto Promedio		gr/cm3																							
COMPACTADO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																			
	Peso del molde		gr.																						
	Peso de la muestra + Molde		gr.																						
	Peso de la muestra		gr.																						
	Volumen del molde		cm3																						
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3																						
Peso Unitario Compactado Promedio		gr/cm3																							

Figura 55.

Formato de Recolección de Datos - Peso Unitario del Agregado Grueso.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																							
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																							
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.017:2011)																									
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																							
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																							
FECHA:																									
CANTERA:																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>UNIDAD</th> <th>ENSAYO 1</th> <th>ENSAYO 2</th> <th>ENSAYO 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diametro del envase</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura del envase</td> <td>cm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde</td> <td>cm3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Diametro del envase	cm				Altura del envase	cm				Volumen del molde	cm3			
DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																					
Diametro del envase	cm																								
Altura del envase	cm																								
Volumen del molde	cm3																								
SUELTO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																			
	Peso del molde		gr.																						
	Peso de la muestra + Molde		gr.																						
	Peso de la muestra		gr.																						
	Volumen del molde		cm3																						
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3																						
Peso Unitario Suelto Promedio		gr/cm3																							
COMPACTADO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																			
	Peso del molde		gr.																						
	Peso de la muestra + Molde		gr.																						
	Peso de la muestra		gr.																						
	Volumen del molde		cm3																						
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3																						
Peso Unitario Compactado Promedio		gr/cm3																							



Figura 56.

Formato de recolección de datos – Ensayo de Consistencia.



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
ENSAYO DE CONSISTENCIA (NTP 339.035:2015)						
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA					
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN					
FECHA:						
REVENIMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO						
TIPO DE CONCRETO	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	PROMEDIO		
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(pulg.)	
Concreto sin refuerzo						
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³						
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³						
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³						



Figura 57.

Formato de Recolección de Datos – Resistencia a la Compresión

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:													
FECHA:													
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm2)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm2)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1													
2													
3													
											PROMEDIO		
											DESV. ESTANDAR (σ)		
											COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 58.

Formato de Recolección de Datos - Resistencia a la Tracción Indirecta

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:																
FECHA:																
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN																
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES								AREA (cm2)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm2)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)				H (cm)
1																
2																
3																
												PROMEDIO				
												DESV. ESTANDAR (σ)				
												COEF. DE VARIACION (%)				



3.4.2 Instrumentos de Ingeniería

Todos los instrumentos, herramientas y equipos utilizados en la presente investigación, fueron del laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Materiales ASET INGENIERÍA S.R.L. Cumpliendo con los estándares de calidad y calibración para cada uno de los ensayos.

Los instrumentos o equipos usados en cada ensayo, se detallan a continuación:

Granulometría del Agregado fino

- Serie de Tamices: 4.76 mm (N° 4), 2.38 mm (N° 8), 1.19mm (N° 16), 0.59 mm (N° 30), 0.297 mm (N° 50), 0.149 mm (N° 100) y 0.074 mm (N° 200), como fondo.
- Una balanza de precisión.
- Brocha.
- Cucharon metálico.
- Recipientes.
- Escobillón metálico.

Granulometría del Agregado grueso

- Serie de Tamices: 50.80 mm (2"), 38.10 mm (1 1/2"), 25.40 mm (1"), 19.05 mm (3/4"), 12.70 mm (1/2"), 9.53 mm (3/8"), 4.76 mm (N° 4), 2.38 mm (N° 8), 1.19mm (N° 16), 0.59 mm (N° 30), 0.297 mm (N° 50), 0.149 mm (N° 100) y 0.074 mm (N° 200), como fondo
- Una balanza de precisión
- Brocha
- Cucharon metálico
- Recipientes
- Escobillón metálico

Contenido de Humedad del Agregado fino

- Una balanza de precisión
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Cucharón
- Horno o estufa

Contenido de Humedad del Agregado grueso

- Una balanza de precisión
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Cucharón
- Horno o estufa

Ensayo de Peso específico y Absorción del Agregado fino

- Una balanza de precisión.
- Fiola.
- Molde cónico metálico.
- Apisonador de metal.
- Horno o estufa.
- Bomba de vacíos.
- Bandejas.
- Secadora de mano.



Ensayo de Peso específico y Absorción del Agregado grueso

- Una balanza de precisión.
- Cesta cilíndrica.
- Balde.
- Cucharon metálico.
- Horno.

Ensayo de Peso Unitario del Agregado fino

- Una balanza de precisión.
- Cucharon metálico.
- Vernier.
- Horno.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Varilla de 5/8 “de diámetro y 60 cm de longitud.

Ensayo de Peso Unitario del Agregado grueso

- Una balanza de precisión.
- Cucharon metálico.
- Vernier.
- Horno.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Varilla de 5/8 “de diámetro y 60 cm de longitud.

Ensayo de Consistencia

- Cono de Abrams.
- Varilla de 5/8” y 60cm de longitud.
- Wincha de 3 m.
- Cucharón metálico.

Ensayo de Resistencia a Compresión

- Máquina de ensayo a compresión (Calibrado).
- Briquetas cilíndricas de 15 x 30 cm.
- Almohadillas de neopreno.
- Vernier.
- Wincha de 3 m.

Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta

- Máquina de ensayo a compresión (Calibrado).
- Briquetas cilíndricas para tracción indirecta de 15 x 30 cm.
- Vernier.
- Wincha de 3 m.

Ensayo de Resistencia a Flexión

- Máquina de ensayo a compresión (Calibrado).
- Probetas prismáticas de 15x15x54 cm.
- Vernier.
- Wincha de 3 m.



3.5 Procedimientos de Recolección de datos.

3.5.1 Ensayo de Granulometría de los Agregados

3.5.1.1 Granulometría del Agregado Fino

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Serie de Tamices: 4.76 mm (N° 4), 2.38 mm (N° 8), 1.19mm (N° 16), 0.59 mm (N° 30), 0.297 mm (N° 50), 0.149 mm (N° 100) y 0.074 mm (N° 200), como fondo.
- Una balanza de precisión.
- Brocha.
- Cucharon metálico.
- Recipientes.
- Escobillón metálico.

b) Procedimiento

- Se realizó el cuarteo de la muestra de Agregado fino, utilizando agregado de la cantera de Combapata (arena gruesa), obteniendo más de 1 kg.

Figura 60.

Cuarteo de la muestra del Agregado fino



- La operación del tamizado se realizó a mano con la serie de tamices desde el N° 4 al de fondo.



Figura 61.

Proceso de tamizado del Agregado fino



- Se registró los pesos obtenidos después de tamizar y pesar el material retenido en cada tamiz.

Figura 62.

Se realizó el registro de los pesos del material retenido





Figura 63.

Luego del registro, se colocó el material retenido en recipientes.



Figura 64.

Gradación del Agregado fino

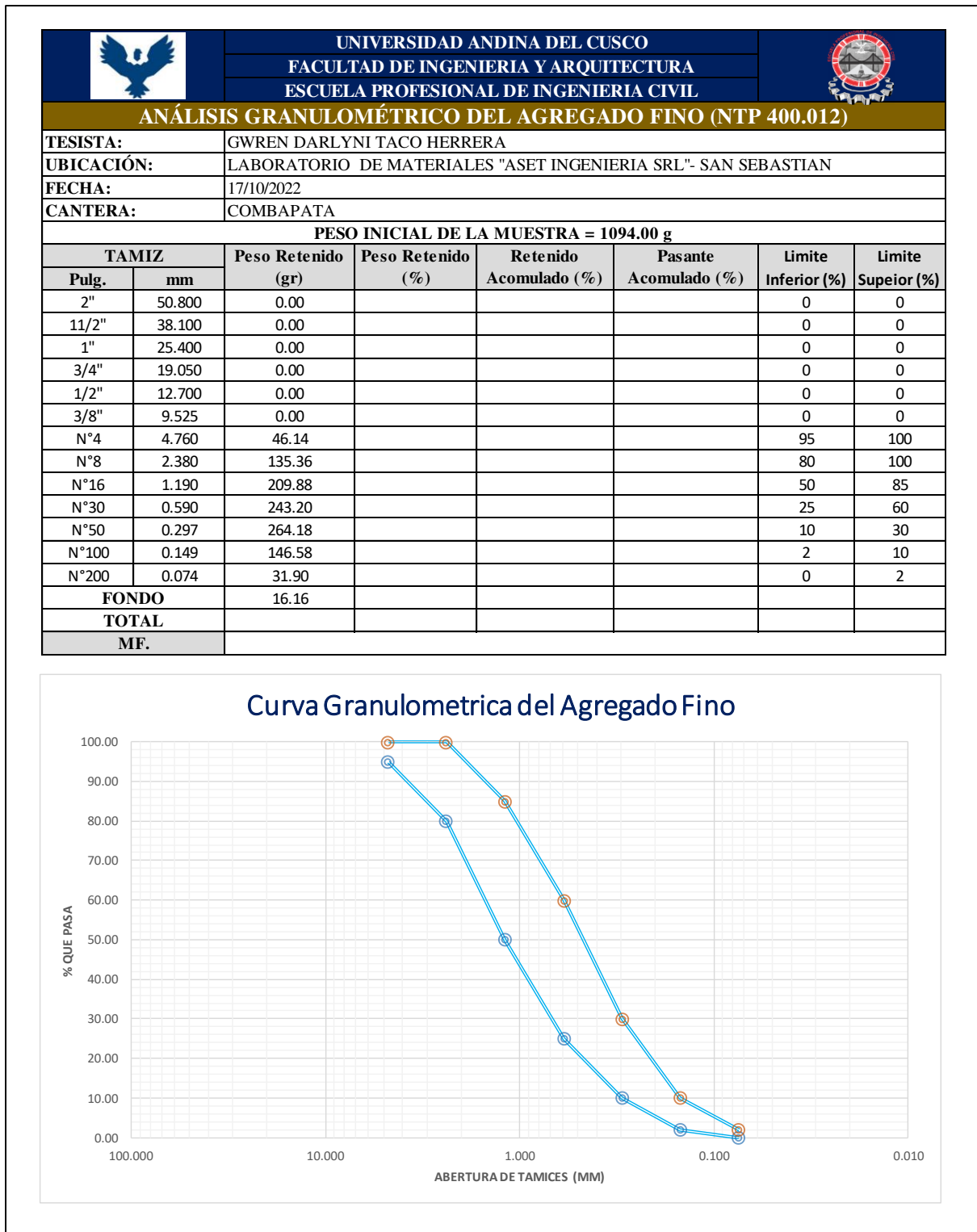




c) Toma de datos

Figura 65.

Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del agregado fino.





3.5.1.2 Granulometría del Agregado Grueso

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Serie de Tamices: 50.80 mm (2"), 38.10 mm (1 1/2"), 25.40 mm (1"), 19.05 mm (3/4"), 12.70 mm (1/2"), 9.53 mm (3/8"), 4.76 mm (N° 4), 2.38 mm (N° 8), 1.19mm (N° 16), 0.59 mm (N° 30), 0.297 mm (N° 50), 0.149 mm (N° 100) y 0.074 mm (N° 200), como fondo
- Una balanza de precisión
- Brocha
- Cucharon metálico
- Recipientes
- Escobillón metálico

b) Procedimiento

- Se realizó el cuarteo del agregado de la cantera de Vicho (piedra chancada), obteniendo más de 8 kg.

Figura 66.

Cuarteo de la muestra del Agregado grueso



- La operación del tamizado se realizó a mano con la serie de tamices desde el tamiz de 2" al de fondo, como la cantidad de muestra es mayor se procedió a separar la cantidad en cinco partes de 2 kg para obtener un mejor resultado.

Figura 67.

Proceso de tamizado del Agregado grueso



Figura 68.

Realización del tamizado a mano



- Se registró los pesos obtenidos después de tamizar y pesar el material retenido en cada tamiz.

Figura 69.

Gradación del Agregado grueso

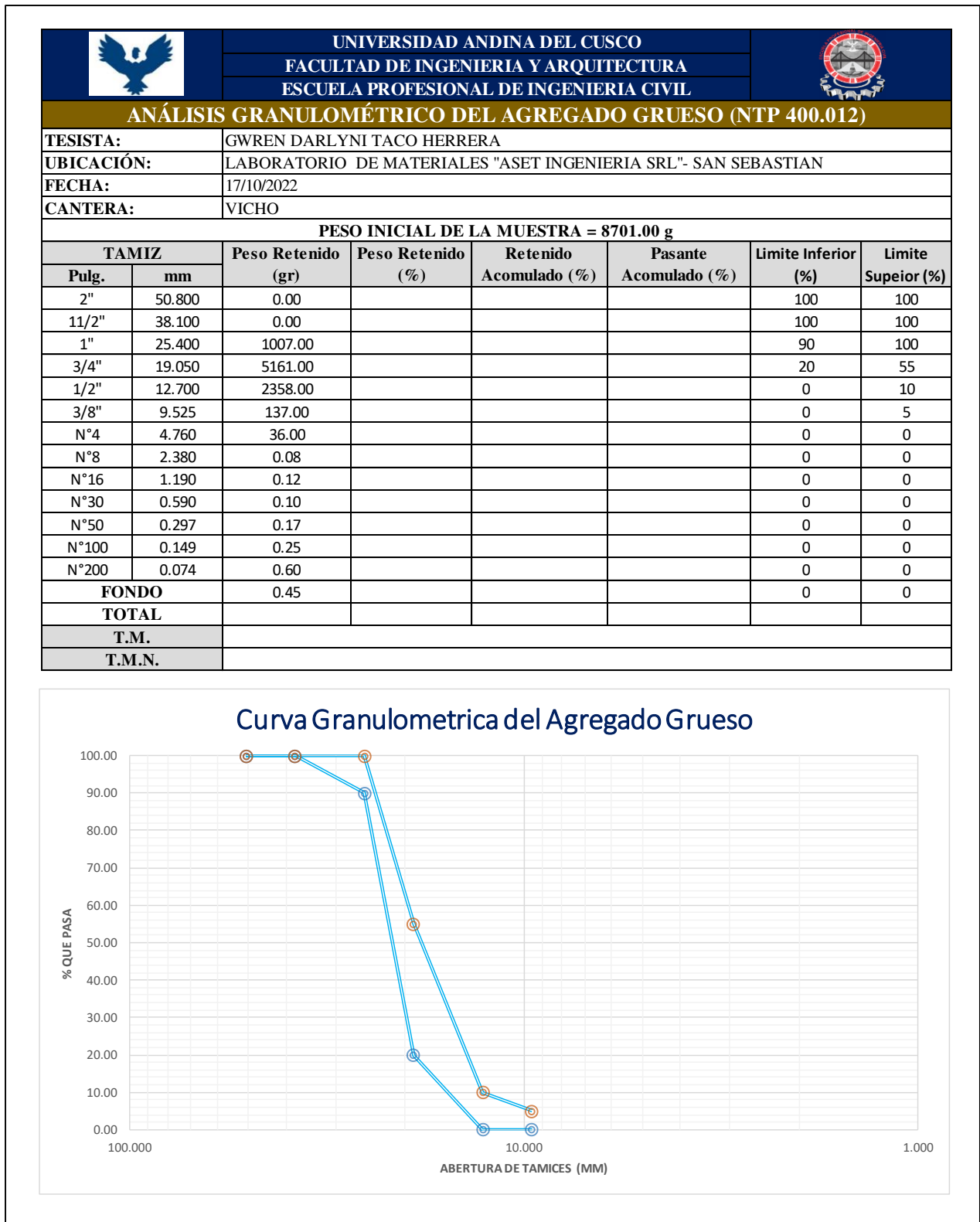




c) Toma de datos

Figura 70.

Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del agregado grueso





3.5.2 Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados

3.5.2.1 Del agregado fino

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Una balanza de precisión
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Cucharón
- Horno o estufa

b) Procedimiento

- Se realizó el peso del recipiente.
- Se colocó el agregado fino en el recipiente.

Figura 71.

Colocación del agregado fino en los recipientes



- Se pesó el recipiente más el agregado fino.

Figura 72.

Peso de una muestra del Agregado fino con humedad





- Se colocó el recipiente en el horno durante 24 horas.

Figura 73.

Muestras de Agregado fino colocadas en el horno



- Se sacó y pesó la muestra.

Figura 74.

Peso de una muestra del Agregado fino sin humedad.



c) Toma de datos

Figura 75.

Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado Fino

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (ASTM-D2216)				
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA			
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN			
FECHA:	18/10/2022			
CANTERA:	COMBAPATA			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso del molde	g	19.54	18.66	19.41
Peso del molde + Peso de la muestra natural	g	78.12	86.63	91.43
Peso del molde + Peso de la muestra seca	g	74.40	82.31	86.83
Peso del agua	g			
Peso de la muestra seca	g			
Humedad	%			
Contenido de humedad Promedio	%			

3.5.2.2 Del agregado grueso

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Una balanza de precisión
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Cucharón
- Horno o estufa

b) Procedimiento

- Se realizó el peso del recipiente.

Figura 76.

Peso de uno de los recipientes.



- Se colocó el agregado grueso en el recipiente.



- Se pesó el recipiente más el agregado grueso.

Figura 77.

Peso de una muestra del Agregado grueso con humedad.



- Se colocó el recipiente en el horno durante 24 horas.
- Se sacó y pesó la muestra.

Figura 78.

Peso de una muestra del Agregado grueso sin humedad.







c) Toma de datos

Figura 79.

Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado Grueso

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (ASTM-D2216)					
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:	18/10/2022				
CANTERA:	VICHU				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
Peso del molde	g	19.59	19.49	18.8	
Peso del molde + Peso de la muestra natural	g	94.75	91.20	92.72	
Peso del molde + Peso de la muestra seca	g	94.74	91.19	92.71	
Peso del agua	g				
Peso de la muestra seca	g				
Humedad	%				
Contenido de humedad Promedio	%				

3.5.3 Ensayo de Peso específico y Absorción de los Agregados

3.5.3.1 Del agregado fino

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Una balanza de precisión.
- Fiola.
- Molde cónico metálico.
- Apisonador de metal.
- Horno o estufa.
- Bomba de vacíos.
- Bandejas.
- Secadora de mano.

b) Procedimiento

- Se seleccionó una muestra del agregado fino que pase por la malla N°4.



Figura 80.
Selección de muestra del Agregado fino.



- Se colocó en el horno a una temperatura de 110 °C para luego dejar a temperatura ambiente y sumergir a un balde con agua durante 24 horas para lograr su saturación.
- Transcurrido el tiempo se echó agua y el agregado húmedo se colocó en la bandeja para ser sometido a una corriente suave de aire caliente y moverla con frecuencia para que gradualmente pierda humedad.

Figura 81.
Muestra de Agregado fino sometida a una corriente suave de aire caliente.



- Para hallar el peso del material en estado superficialmente seco se utilizó la prueba del cono, que consiste en colocar el agregado fino en el cono que se encuentra sobre una bandeja metálica.



- Se colocó el agregado fino dentro del cono hasta rebasar y luego se dio unos cuantos golpes con el apisonador, se repitió este procedimiento 3 veces hasta cubrir un total de 25 golpes.
- Al momento de retirar el cono, la forma que el agregado adoptó fue la de una forma cónica, la misma que demuestra un estado del material saturado superficialmente seco.

Figura 82.

Muestra de Agregado fino dentro del cono.



Figura 83.

Muestra de Agregado fino en estado superficialmente seco.



- Luego de obtener el agregado en el estado mencionado, se pesó una muestra de agregado fino y se colocó dentro de la Fiola.

Figura 84.
Peso de la Muestra del Agregado fino.



- Se llenó la fiola con agua hasta un nivel de 500 ml y posteriormente con la bomba de vacíos se eliminó el aire para que luego se registrara el nuevo peso.

Figura 85.
Uso de la bomba de vacíos para eliminación del aire en la Fiola.





Figura 86.
Peso de la fiola más agua y el Agregado fino.



- Se retiró el agregado Fino de la fiola y se llevó al horno, para registrar el peso de la muestra secada en el horno.

c) Toma de datos

Figura 87.

Recolección de datos para el Peso específico y absorción del Agregado Fino

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022:2013)				
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA			
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN			
FECHA:	18/10/2022			
CANTERA:	COMBAPATA			
PESO ESPECÍFICO SECO				
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES	
A	Peso de muestra seca	gr.	362.67	
B	Peso (fiola + agua)	gr.	704	
C	Peso (fiola + muestra sss+agua)	gr.	934	
Vm	Volumen de la muestra	cm3	149	
Pes	Peso específico seco	kg/cm3		
ABSORCIÓN				
SIMBOLO	DESCRIPCION	ENSAYO 1	ENSAYO 2	
S	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)	377.00	274	
A	Peso de muestra seca (gr.)	362.67	263.9	
Ab	Absorción %			
Ab	Absorción promedio %			



3.5.3.2 Del agregado grueso

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Una balanza de precisión.
- Cesta cilíndrica.
- Balde.
- Cucharon metálico.
- Horno.

b) Procedimiento

- Se lavó y se puso a secar en el horno a temperatura constante de 110 °C, luego se puso a enfriar a temperatura ambiente y se sumergió en un depósito con agua por 24 horas para su saturación.

Figura 88.

Agregado Grueso sumergido por 24 horas.



- Transcurrido el tiempo de saturación se vació el agua y se quitó la humedad con una tela o franela apropiada hasta conseguir que toda su superficie quede sin agua, pero no seca, sino opaca.



Figura 89.

Uso de la tela para quitar la humedad del agregado Grueso.



- Se anotó el peso de material en estado saturado superficialmente seco y se colocó la muestra pesada en el cestillo de alambre.
- Se determinó el peso de la muestra sumergida completamente dentro del balde, conectando el cestillo a la balanza.

Figura 90.

Peso de la muestra del Agregado Grueso sumergido en el cestillo.





- Se colocó la muestra en el horno a temperatura de 110 °C por 16 horas y se registró su peso. Se enfrió a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anotó su peso.

c) **Toma de datos**

Figura 91.

Recolección de datos para el Peso específico y absorción del Agregado Grueso

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021:2013)				
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA			
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN			
FECHA:	18/10/2022			
CANTERA:	VICHO			
PESO ESPECÍFICO SECO				
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES	
	Peso Canastilla sumergida	gr.	0	
A	Peso de muestra seca	gr.	1631	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	1639	
C	Peso (canastilla + muestra) Sumergida	gr.	1019	
V _m	Volumen de la muestra	cm ³	620	
Pes	Peso específico seco	kg/cm ³		
ABSORCIÓN				
SIMBOLO	DESCRIPCION	ENSAYO 1	ENSAYO 2	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)	1639.00	1072	
A	Peso de muestra seca (gr.)	1631.00	1067	
Ab	Absorción %			
Ab	Absorción promedio %			

3.5.4 Ensayo de Peso Unitario de los agregados

3.5.4.1 Del Agregado Fino

a) **Instrumentos o equipos utilizados**

- Una balanza de precisión.
- Cucharon metálico.
- Vernier.
- Horno.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Varilla de 5/8 “de diámetro y 60 cm de longitud.

b) **Procedimiento**

- Primero se preparó la muestra lavándola y secándola en el horno para luego realizar el ensayo.
- Se determinó el peso unitario suelto, hallando el peso y volumen del molde.



Figura 92.

Determinación del diámetro y altura del molde con vernier.



- Posterior a ello se colocó el agregado fino en el molde metálico, cuidando que la caída del material no sobrepase 5cm, hasta enrasar con ayuda de la varilla.
- Luego se anotó el peso del material y el molde.

Figura 93.

Peso de una muestra del Agregado fino más el molde.



- Después se determinó el peso unitario compactado, a diferencia del otro, colocando todo el material en tres partes y en cada uno se dio 25 golpes con la varilla metálica.



Figura 94.

Compactación del agregado fino en el molde metálico con la varilla metálica de 5/8"



- Por último, se agregó hasta que rebalse, se enrasó el material en el molde y se anotó el peso del material compactado junto con el molde.

Figura 95.

Enrasado del Agregado fino dentro del molde.





c) Toma de datos

Figura 96.

Recolección de datos para el Peso Unitario del Agregado Fino.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.017:2011)						
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:		18/10/2022				
CANTERA:		COMBAPATA				
		DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
		Diametro del envase	cm	14.9	15.1	15
		Altura del envase	cm	17.4	17.5	17.5
		Volumen del molde	cm3	3033.97	3133.88	3092.51
SUELTO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
	Peso del molde		gr.	7086	7435	7454
	Peso de la muestra + Molde		gr.	11592	12090	12089
	Peso de la muestra		gr.	4506	4655	4635
	Volumen del molde		cm3	3033.97	3133.88	3092.51
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3			
Peso Unitario Suelto Promedio		gr/cm3				
COMPACTADO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
	Peso del molde		gr.	7086	7435	7454
	Peso de la muestra + Molde		gr.	13299	13307	13336
	Peso de la muestra		gr.	6213	5872	5882
	Volumen del molde		cm3	3033.97	3133.88	3092.51
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3			
Peso Unitario Compactado Promedio		gr/cm3				

3.5.4.2 Del Agregado Grueso

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Una balanza de precisión.
- Cucharon metálico.
- Vernier.
- Horno.
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido.
- Varilla de 5/8 “de diámetro y 60 cm de longitud.

b) Procedimiento

- Primero se preparó la muestra lavándola y secándola en el horno para luego realizar el ensayo.
- Se determinó el peso unitario suelto, hallando el peso y volumen del molde.



Figura 97.
Determinación del peso del molde.



- Posterior a ello se colocó el agregado fino en el molde metálico, cuidando que la caída del material no sobrepase 5cm, hasta enrasar con ayuda de la varilla.
- Luego se anotó el peso del material y el molde.

Figura 98.
Peso de una muestra del Agregado grueso más el molde.



- Después se determinó el peso unitario compactado, a diferencia del otro, colocando todo el material en tres partes y en cada uno se dio 25 golpes con la varilla metálica.



Figura 99.

Compactación del agregado grueso en el molde metálico con la varilla metálica de 5/8”.



- Por último, se agregó hasta que rebalse, se enrasó el material en el molde y se anotó el peso del material compactado junto con el molde.

Figura 100.

Enrasado del Agregado grueso dentro del molde.



Figura 101.

Peso de una muestra del material compactado junto con el molde.



c) Toma de datos

Figura 102.

Recolección de datos para el Peso Unitario del Agregado Grueso.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.017:2011)						
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:		18/10/2022				
CANTERA:		VICHO				
		DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
		Diametro del envase	cm	14.9	15.1	15
		Altura del envase	cm	17.4	17.5	17.5
		Volumen del molde	cm ³	3033.97	3133.88	3092.51
SUELTO	DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
	Peso del molde	gr.	7086	7435	7454	
	Peso de la muestra + Molde	gr.	11601	12044	12007	
	Peso de la muestra	gr.	4515	4609	4553	
	Volumen del molde	cm ³	3033.97	3133.88	3092.51	
	Peso Unitario Suelto	gr/cm ³				
Peso Unitario Suelto Promedio		gr/cm ³				
COMPACTADO	DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
	Peso del molde	gr.	7086	7435	7454	
	Peso de la muestra + Molde	gr.	11905	12391	12382	
	Peso de la muestra	gr.	4819	4956	4928	
	Volumen del molde	cm ³	3033.97	3133.88	3092.51	
	Peso Unitario Suelto	gr/cm ³				
Peso Unitario Compactado Promedio		gr/cm ³				



3.5.5 Elaboración y Curado de las probetas de concreto

3.5.5.1 Elaboración y Curado de probetas cilíndricas de concreto

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Mezcladora de concreto
- Cono de Abrams.
- Briqueteras de 15 x 30 cm
- Varilla de 5/8".
- Mazo de goma.
- Espátulas.
- Badilejo.
- Guantes de jebe.
- Cemento
- Agregado fino
- Agregado grueso
- Agua.

b) Procedimiento

- Se empleó la norma ASTM C31 para el proceso de elaboración y curado de especímenes cilíndricos de concreto.
- Primeramente, se verificó el estado de los materiales a usar, que se encuentren completos y limpios.

Figura 103.

Briqueteras a utilizar en el vaciado de probetas por tanda



- Se colocaron los moldes en una superficie plana y firme, donde se procedió a humectar todas las briquetas con petróleo para facilitar el desmoldado.



Figura 104.

Briqueteras humectadas con petróleo para facilitar el posterior desmoldado



- Seguidamente se alistaron las proporciones calculadas para las tandas en base al diseño de mezclas para el cemento, agregados, agua y la adición de fibras metálicas FF1. Dividiendo la cubicación total en 3 porciones para el vaciado.

Figura 105.

Peso de las fibras metálicas FF1 por tanda



Nota. (a) Se muestra el peso de las fibras metálicas en la balanza (b) Se aprecia las fibras metálicas Wirand FF1, las cuales tienen dos dobleces en los extremos que permite mejorar la adherencia de la fibra dentro de la matriz de concreto.



Figura 106.
Peso de la cantidad de cemento por tanda



Figura 107.
Peso de los agregados por tanda



- Una vez calculadas las porciones finales requeridas, se procedió a realizar el mezclado de los componentes del concreto y la adición de las fibras metálicas FF1 para 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.



Figura 108.
Colocación de agua en la mezcladora



Figura 109.
Colocación de las fibras metálicas Wirand FF1



- Inmediatamente después del vaciado de mezcla, se realizó el ensayo de Consistencia para verificar el Slump de la mezcla para verificar que se cumpla con lo establecido con el diseño de mezcla, siendo el diseño para 3". Procedimiento de verificación que se realizó para cada tanda.

Figura 110.
Vaciado de mezcla para un concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$





Figura 111.

Concreto adicionado con fibras metálicas Wirand FF1



- Después de la verificación de Slump se realizó el vaciado correspondiente a las briqueteras de concreto, el moldeado de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 10 cm de altura de acuerdo a lo siguiente: Se coloca la mezcla en el molde, se cada capa se compacta, mediante 25 inserciones con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. Una vez culminada la compactación de cada capa, se golpea ligeramente alrededor del molde unas 10 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas de aire que hayan en el interior de la mezcla. Todo este proceso se realizó para las 4 tandas de 12 probetas cada una.

Figura 112.

Varillado de las briquetas cada 3 capas, 25 golpes.





Figura 113.
Varillado de concreto en las briqueteras.



Figura 114.
Elaboración de las probetas cilíndricas.





Figura 115.

Golpeado con el mazo de goma en el exterior de la briqueteras.



- Luego de cada tanda de vaciado, se nivelo y enraza la parte superior de las briquetas con ayuda de la varilla de compactación y un badilejo para alisar la superficie.

Figura 116.

Enraizado de las probetas de concreto



(a)



(b)

Nota. (a) y (b) Enrazado de especímenes cilíndricos de concreto que serán ensayadas a compresión y tracción indirecta.

- Pasadas las 24 horas se procedió a desmoldar las briquetas.

Figura 117.

Desenfofrado de las probetas de concreto tras 24 h de haber realizado el vaciado





Figura 118.

Probetas cilíndricas que serán sumergidas en agua para el curado.



- Luego del desmoldado se procedió a curar las briquetas sumergiéndolas totalmente en agua en cilindros, tinas y baldes, para posteriormente ensayarlas a compresión y tracción a las edades de 7 y 28 días.

Figura 119.

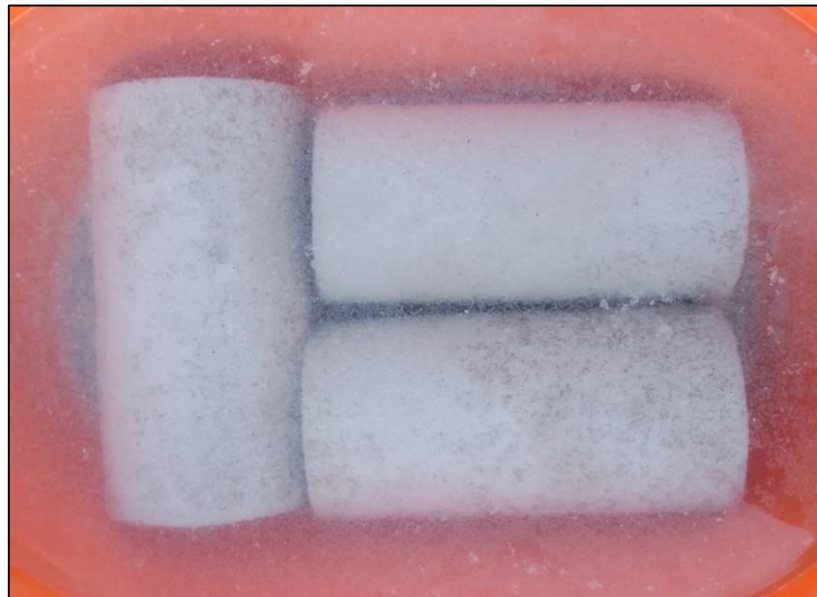
Probetas totalmente sumergidas para luego ser ensayadas a edades de 7 y 28 días.





Figura 120.

Selección de las 3 probetas que serán totalmente sumergidas



3.5.5.2 Elaboración y Curado de probetas prismáticas de concreto

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Mezcladora de concreto
- Cono de Abrams.
- Probeta de sección prismática de 6" x 6" x 54 cm
- Varilla de 5/8".
- Mazo de goma.
- Espátulas.
- Badilejo.
- Guantes de jebe.
- Cucharón metálico.
- Cemento
- Agregado fino
- Agregado grueso
- Agua.

b) Procedimiento

- Se empleó la norma ASTM C31 para el proceso de elaboración y curado de especímenes prismáticos de concreto.
- Primeramente, se verificó el estado de los materiales a usar, que se encuentren completos y limpios.
- Se colocaron los moldes en una superficie plana y firme, donde se procedió a humectar todas las briquetas con petróleo para facilitar el desmoldado.



Figura 121.

Probetas prismáticas humectadas con petróleo para facilitar el posterior desmoldado.



- Seguidamente se alistaron las proporciones calculadas para las tandas en base al diseño de mezclas para el cemento, agregados, agua y la adición de fibras metálicas FF1. Dividiendo la cubicación total en 3 porciones para el vaciado.

Figura 122.

Peso de la cantidad de cemento por tanda





Figura 123.
Peso de la cantidad de fibras por tanda



- Una vez calculadas las porciones finales requeridas, se procedió a realizar el mezclado de los componentes del concreto y la adición de las fibras metálicas FF1 para 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Figura 124.
Adición de fibras metálicas FF1 en la mezcladora





- Inmediatamente después del vaciado de mezcla, se realizó el ensayo de Consistencia para verificar el Slump de la mezcla para verificar que se cumpla con lo establecido con el diseño de mezcla, siendo el diseño para 3". Procedimiento de verificación que se realizó para cada tanda.
- Después de la verificación de Slump se realizó el vaciado correspondiente a las probetas de sección prismática, el moldeado de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 5 cm de altura de acuerdo a lo siguiente: Se coloca la mezcla en el molde, se cada capa se compacta, mediante 25 inserciones con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. Una vez culminada la compactación de cada capa, se golpea ligeramente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire que hayan en el interior de la mezcla.

Todo este proceso se realizó para las 4 tandas de 6 probetas prismáticas cada una.

Figura 125.

Varillado de las probetas prismáticas cada 3 capas, 25 golpes.





- Luego de cada tanda de vaciado, se nivelo y enrazo la parte superior de las briquetas con ayuda de la varilla de compactación y un badilejo para alisar la superficie.

Figura 126.

Enraizado de las probetas prismáticas de concreto



- Pasadas las 24 horas se procedió a desmoldar las probetas prismáticas.

Figura 127.

Desenfofrado de las probetas prismáticas de concreto tras 24 h de haber realizado el vaciado





- Luego del desmoldado se procedió a curar las probetas prismáticas sumergiéndolas totalmente en agua en tinas y baldes, para posteriormente ensayarlas a flexión a las edades de 7 y 28 días.

Figura 128.

Probetas prismáticas totalmente sumergidas para luego ser ensayadas a edades de 7 y 28 días.



3.5.6 Ensayo de Consistencia

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Cono de Abrams.
- Varilla de 5/8" y 60cm de longitud.
- Wincha de 3 m.
- Cucharón metálico.

b) Procedimiento

- Se colocó el cono de Abrams sobre una superficie plana y humedecida, para después sujetarlo bien y verter una capa de concreto en estado fresco, hasta un tercio del volumen.
- Se apisonó con la varilla metálica, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
- Luego se colocó las otras dos capas, repitiendo el mismo proceso al culminar cada capa, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.



- Al culminar la tercera capa se llenó en exceso, para luego enrasar con ayuda de la varilla metálica.
- Después se retiró el molde levantándolo cuidadosamente en dirección vertical y se determinó la diferencia entre la altura del molde y la altura media de la cara libre del cono deformado con ayuda de la wincha, obteniendo así el revenimiento; éste se puede expresar en centímetros o en pulgadas.

Figura 129.

Medición del asentamiento del concreto en la prueba del Slump



c) Toma de datos

Figura 130.

Recolección de datos para el Ensayo de Consistencia

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
ENSAYO DE CONSISTENCIA (NTP 339.035:2015)					
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:	06/11/2022				
REVENIMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO					
TIPO DE CONCRETO	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	PROMEDIO	
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(pulg.)
Concreto sin refuerzo	8.70	7.70	8.30		
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	7.90	7.60	7.60		
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	7.76	7.06	6.86		
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	7.63	6.14	5.61		



3.5.7 Ensayo de Resistencia a Compresión

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Máquina de ensayo a compresión (Calibrado).
- Briquetas cilíndricas de 15 x 30 cm.
- Almohadillas de neopreno.
- Vernier.
- Wincha de 3 m.

b) Procedimiento

- Se ensayaron probetas cilíndricas curadas para las edades de 7 y 28 días.
- Se procedió a medir el diámetro de los especímenes cilíndricos en los extremos del mismo y pesarlos, se tomó anotaciones del lado superior e inferior de la probeta cilíndrica para posteriormente promediarlas y hallar el área de contacto.

Figura 131.

Peso de la probeta cilíndrica de 15cm x 30cm





Figura 132.

Medición del diámetro de la probeta cilíndrica a ensayar



- Luego se colocaron los especímenes en la máquina de ensayo a compresión y la máquina comenzó a ejercer carga sobre cada uno de éstos hasta completar la ruptura de la briqueta.

Figura 133.

Carga máxima aplicada hasta llegar a la ruptura de la briqueta





Figura 134.

Ruptura de la briqueta sometida al ensayo a compresión



- Se procedió a retirar las briquetas ya sometidas a compresión de la máquina de ensayo a compresión.

Figura 135.

Briqueta sometida al ensayo a compresión





c) Toma de datos

Figura 136.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto patrón.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)											
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO											
FECHA:		13/11/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm2)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm2)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	06/11/2022	13/11/2022	7	11.866	15.20	14.90		15.16	15.00			38326.85	
2	06/11/2022	13/11/2022	7	11.721	15.20	14.80		15.14	14.80			34915.95	
3	06/11/2022	13/11/2022	7	11.674	15.40	14.64		14.80	15.50			35752.88	
											PROMEDIO		
											DESV. ESTANDAR (σ)		
											COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 137.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA												
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN												
MUESTRA:	BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO												
FECHA:	15/11/2022												
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	08/11/2022	15/11/2022	7	12.149	14.80	15.00		15.20	14.87		36524.2		
2	08/11/2022	15/11/2022	7	12.442	15.20	14.80		15.15	15.00		39676.14		
3	08/11/2022	15/11/2022	7	12.209	14.50	15.50		15.30	14.50		38527.94		
											PROMEDIO		
											DESV. ESTANDAR (σ)		
											COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 138.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO											
FECHA:		17/11/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	10/11/2022	17/11/2022	7	11.915	15.00	15.40		14.80	15.40			52558.21	
2	10/11/2022	17/11/2022	7	12.089	15.00	15.40		15.00	15.20			48584.38	
3	10/11/2022	17/11/2022	7	11.972	14.90	15.30		15.10	15.20			48086.76	
											PROMEDIO		
											DESV. ESTANDAR (σ)		
											COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 139.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO											
FECHA:		19/11/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	12/11/2022	19/11/2022	7	11.915	14.80	15.20		15.10	14.90			60316.21	
2	12/11/2022	19/11/2022	7	12.089	15.55	14.50		14.30	15.40			57491.6	
3	12/11/2022	19/11/2022	7	11.972	15.50	14.80		15.40	14.70			58205.4	
											PROMEDIO		
											DESV. ESTANDAR (σ)		
											COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 140.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto patrón.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		04/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	06/11/2022	04/12/2022	28	11.520	15.50	14.20		14.30	15.60			52344.89	
2	06/11/2022	04/12/2022	28	11.398	14.90	15.00		15.10	15.30			52864.13	
3	06/11/2022	04/12/2022	28	11.439	14.90	14.90		14.80	15.30			50894.04	
PROMEDIO													
DESV. ESTANDAR (σ)													
COEF. DE VARIACION (%)													



Figura 141.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		06/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	08/11/2022	06/12/2022	28	11.674	15.10	15.00		15.20	15.00			59450.47	
2	08/11/2022	06/12/2022	28	11.886	14.80	15.00		15.20	15.00			63127.57	
3	08/11/2022	06/12/2022	28	11.704	15.30	15.00		15.00	15.10			61437.9	
											PROMEDIO		
											DESV. ESTANDAR (σ)		
											COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 142.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		08/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	10/11/2022	08/12/2022	28	12.053	15.20	15.00		15.20	15.40			71879.8	
2	10/11/2022	08/12/2022	28	12.133	15.50	14.70		15.50	14.90			71125.21	
3	10/11/2022	08/12/2022	28	11.824	15.10	15.00		15.30	15.20			72155.12	
											PROMEDIO		
											DESV. ESTANDAR (σ)		
											COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 143.

Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		10/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	12/11/2022	10/12/2022	28	12.205	15.30	14.60		15.40	14.80			72453.9	
2	12/11/2022	10/12/2022	28	12.380	15.60	14.50		15.50	14.50			79354.32	
3	12/11/2022	10/12/2022	28	12.600	15.20	15.00		15.30	15.10			75153.08	
												PROMEDIO	
												DESV. ESTANDAR (σ)	
												COEF. DE VARIACION (%)	



3.5.8 Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Máquina de ensayo a compresión (Calibrado).
- Briquetas cilíndricas para tracción indirecta de 15 x 30 cm.
- Vernier.
- Wincha de 3 m.

b) Procedimiento

- Se ensayaron probetas cilíndricas curadas para las edades de 7 y 28 días.
- Para realizar el ensayo a tracción indirecta de nuestros especímenes, se procedió a medir sus dimensiones: diámetro y altura.

Figura 144.

Medición de la altura de la probeta cilíndrica a ensayar



- Luego colocamos los especímenes de forma echada en la máquina de ensayo a compresión dentro del molde de acero y la máquina comenzó a ejercer carga sobre cada uno de éstos hasta completar la ruptura de la briqueta.



Figura 145.

Carga máxima aplicada hasta llegar a la ruptura a la briqueta



- Finalmente se procedió a retirar las briquetas ya sometidas a tracción indirecta de la máquina de ensayo a compresión.

Figura 146.

Briqueta sometida al ensayo de tracción indirecta

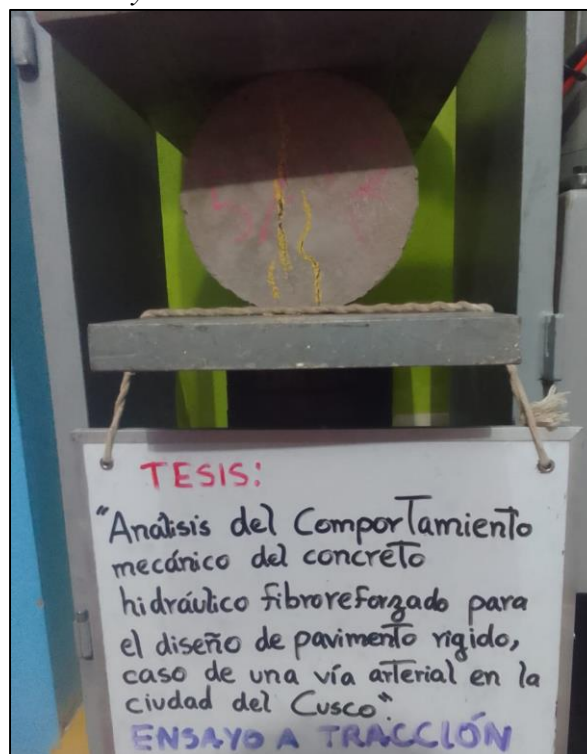




Figura 147.

Retiro de briqueta después de someterla al ensayo de tracción indirecta



(a)



(b)

Nota. (a) Briqueta sometida al ensayo de tracción indirecta (b) Retiro de briqueta después de ser ensayada a tracción indirecta.



c) Toma de datos

Figura 148.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto patrón.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES							AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
		VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)				H2 (cm)
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN														
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO														
FECHA:		13/11/2022														
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN																
1		06/11/2022	13/11/2022	7	11.706	14.90	15.16		15.40	14.50		29.90	29.80		13923.33	
2		06/11/2022	13/11/2022	7	11.886	14.80	15.10		15.20	15.00		30.00	30.00		15112.19	
3		06/11/2022	13/11/2022	7	11.706	14.80	15.30		15.00	15.40		29.80	29.90		13890.98	
														PROMEDIO		
														DESV. ESTANDAR (σ)		
														COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 149.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL														
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN														
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO														
FECHA:		15/11/2022														
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)																
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
1	08/11/2022	15/11/2022	7	12.125	15.40	14.90		14.90	15.10		30.00	30.00			14590.1	
2	08/11/2022	15/11/2022	7	12.102	15.20	15.00		15.10	15.10		29.90	30.00			16027.9	
3	08/11/2022	15/11/2022	7	11.987	15.50	14.85		14.60	15.00		29.85	29.90			15492.55	
														PROMEDIO		
														DESV. ESTANDAR (σ)		
														COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 150.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
		ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)															
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO															
FECHA:		17/11/2022															
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	10/11/2022	17/11/2022	7	12.560	15.00	15.10		15.10	15.30		30.00	30.15			18496.63		
2	10/11/2022	17/11/2022	7	12.720	15.10	15.00		15.30	15.10		30.00	29.90			18303.91		
3	10/11/2022	17/11/2022	7	12.485	14.90	15.30		15.20	15.40		30.00	30.00			16978.27		
															PROMEDIO		
															DESV. ESTANDAR (σ)		
															COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 151.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA														
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL														
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN														
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO														
FECHA:		19/11/2022														
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
1	12/11/2022	19/11/2022	7	12.313	15.05	14.80		15.20	15.00		29.80	30.00			17692.08	
2	12/11/2022	19/11/2022	7	11.657	14.90	15.30		15.10	15.00		29.80	30.00			18987.12	
3	12/11/2022	19/11/2022	7	12.209	15.10	14.99		15.10	15.02		30.00	30.00			19629.54	
														PROMEDIO		
														DESV. ESTANDAR (σ)		
														COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 152.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto patrón.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES							AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
		VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)				H2 (cm)
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN														
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO														
FECHA:		04/12/2022														
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN																
1		06/11/2022	04/12/2022	28	11.436	15.00	15.10		14.90	15.10		30.00	29.80		19106.63	
2		06/11/2022	04/12/2022	28	11.412	14.80	14.90		15.10	15.20		29.90	30.00		18450.83	
3		06/11/2022	04/12/2022	28	11.630	15.10	14.90		15.20	15.00		30.00	30.05		17410.84	
														PROMEDIO		
														DESV. ESTANDAR (σ)		
														COEF. DE VARIACION (%)		



Figura 153.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL														
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN														
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO														
FECHA:		06/12/2022														
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)																
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm2)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm2)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
1	08/11/2022	06/12/2022	28	11.681	15.40	14.50		14.80	15.30		30.00	30.00			20140.41	
2	08/11/2022	06/12/2022	28	11.783	14.30	15.50		14.50	15.30		30.00	29.80			19272.64	
3	08/11/2022	06/12/2022	28	11.904	14.85	15.10		15.00	15.20		30.00	30.10			18405.88	
PROMEDIO																
DESV. ESTANDAR (σ)																
COEF. DE VARIACION (%)																



Figura 154.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA														
											ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN														
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO														
FECHA:		08/12/2022														
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)																
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
1	10/11/2022	08/12/2022	28	12.232	15.30	15.20		15.30	15.20		30.00	30.20		22048.3		
2	10/11/2022	08/12/2022	28	11.927	15.20	15.10		15.30	15.00		30.00	30.00		22678.49		
3	10/11/2022	08/12/2022	28	11.809	15.20	14.90		15.10	15.30		30.00	29.95		24024.51		
													PROMEDIO			
													DESV. ESTANDAR (σ)			
													COEF. DE VARIACION (%)			



Figura 155.

Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA														
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL														
		ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)														
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN														
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO														
FECHA:		10/12/2022														
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)			
1	12/11/2022	10/12/2022	28	12.221	15.40	14.50		15.50	14.60		30.00	29.85		25173.73		
2	12/11/2022	10/12/2022	28	12.096	15.30	15.10		15.40	15.00		30.20	30.00		25996.65		
3	12/11/2022	10/12/2022	28	12.246	15.40	14.50		15.50	14.60		30.00	29.90		23313.77		
														PROMEDIO		
														DESV. ESTANDAR (σ)		
														COEF. DE VARIACION (%)		



3.5.9 Ensayo de Resistencia a la Flexión

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Máquina de ensayo a compresión (Calibrado).
- Probetas prismáticas de 15 x15 x 54 cm.
- Vernier.
- Wincha de 3 m.

b) Procedimiento

- Se ensayaron probetas prismáticas curadas para las edades de 7 y 28 días.
- Para realizar el ensayo a flexión de nuestros especímenes, se procedió a medir sus dimensiones: ancho, altura y longitud, así como también se obtuvo el peso de las probetas de sección prismática.

Figura 156.

Medición de las dimensiones de probetas prismáticas



- El ensayo consiste en ensayar probetas de sección prismática de 15 cm x 15cm x 54 cm, apoyadas sobre dos soportes separados a 45 cm y aplicando una carga a los tercios de la luz libre a 15 cm de cada extremo, hasta que ocurra la falla.
- Se trazó rectas finas sobre las cuatro caras mayores que marquen las secciones de apoyo.



Figura 157.

Realización de rectas finas sobre la probeta prismática que marca las secciones de apoyo.



- Se colocó la probeta en la prensa de ensayo, haciendo coincidir las líneas de trazado con las piezas de apoyo para poder ensayarlas a flexión.

Figura 158.

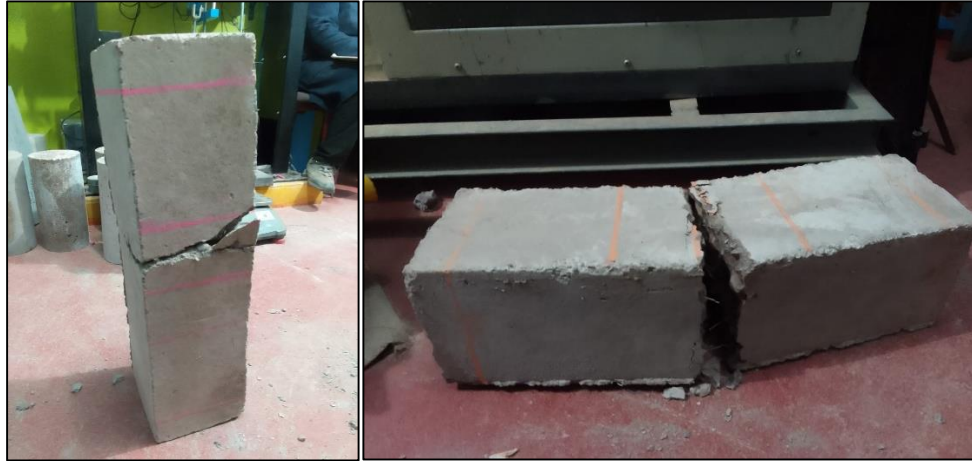
Probeta prismática sometida a flexión



- Finalmente se procedió a retirar las probetas prismáticas ya sometidas a flexión y se registró la carga máxima.

Figura 159.

Retiro de probetas prismáticas después de someterla al ensayo de flexión



(a)

(b)

Nota. (a) Espécimen prismático sometido al ensayo de flexión (b) Ruptura del espécimen prismático.

Figura 160.

Comportamiento dúctil de la probeta prismática fibroreforzado





Figura 162.

Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																					
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION (NTP 339.078:2012)																							
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																					
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																					
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO																					
FECHA:		15/11/2022																					
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)																							
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES															CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA ® (kPa)	MODULO DE ROTURA ® (MPa)	MODULO DE ROTURA (R) (kg/ cm2)
	VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	ALTURA				
1	08/11/2022	15/11/2022	7	28.590	54.00	53.80	53.90	54.00		15.10	15.00	15.20	15.00		15.30	15.40	15.00	15.00		27.38			
2	08/11/2022	15/11/2022	7	28.195	54.00	54.00	54.00	53.90		15.00	15.40	15.00	15.00		15.20	15.00	14.90	15.00		25.28			
3	08/11/2022	15/11/2022	7	28.314	54.20	53.90	54.00	54.00		15.00	14.90	15.00	15.00		15.20	15.30	15.00	15.00		27.70			
																			PROMEDIO				
																			DESV. ESTANDAR (σ)				
																			COEF. DE VARIACION (%)				



Figura 163.

Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA (R) (kg/cm ²)	
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)					ALTURA
1		10/11/2022	17/11/2022	7	29.01	53.70	53.80	54.00	53.80		15.00	15.00	15.20	15.00		15.00	15.00	15.00	15.00		32.22			
2		10/11/2022	17/11/2022	7	30.00	54.00	54.00	54.00	54.00		15.80	16.50	15.20	15.00		15.30	15.50	15.40	15.00		33.90			
3		10/11/2022	17/11/2022	7	29.04	53.90	54.20	54.00	54.00		15.00	15.00	15.30	15.00		15.10	15.50	15.00	15.00		35.20			
																					PROMEDIO			
																					DESV. ESTANDAR (σ)			
																					COEF. DE VARIACION (%)			



Figura 164.

Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA ® kPa	MODULO DE ROTURA ® MPa	MODULO DE ROTURA (R) (kg/ cm2)	
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)					ALTURA
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																								
1		12/11/2022	19/11/2022	7	29.01	53.70	53.80	54.00	53.80		15.00	15.00	15.20	15.00		15.00	15.00	15.00	15.00		35.05			
2		12/11/2022	19/11/2022	7	30.20	54.00	54.00	54.00	54.00		15.80	16.50	15.20	15.00		15.30	15.50	15.40	15.00		36.58			
3		12/11/2022	19/11/2022	7	29.04	53.90	54.20	54.00	54.00		15.00	15.00	15.30	15.00		15.10	15.50	15.00	15.00		35.65			
PROMEDIO																								
DESV. ESTANDAR (σ)																								
COEF. DE VARIACION (%)																								



Figura 165.

Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto patrón.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA(R) (kg/ cm2)
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)				
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO PATRÓN																							
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																					
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																					
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO																					
FECHA:		04/12/2022																					
1	06/11/2022	04/12/2022	28	27.260	53.60	54.00	54.00	53.60		15.00	15.00	14.90	15.00		15.20	15.00	14.80	15.00		24.05			
2	06/11/2022	04/12/2022	28	26.630	54.00	53.80	53.80	53.70		15.00	14.90	15.00	15.00		15.00	15.20	14.90	15.20		23.36			
3	06/11/2022	04/12/2022	28	27.093	54.00	54.00	53.80	53.80		15.20	15.00	15.20	15.00		14.90	15.30	15.00	15.20		25.90			
PROMEDIO																							
DESV. ESTANDAR (σ)																							
COEF. DE VARIACION (%)																							



Figura 167.

Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m3.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA(R) (kg/cm2)	
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)					ALTURA
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)																								
1		10/11/2022	08/12/2022	28	27.340	54.00	53.90	53.80	53.70		15.00	14.90	15.20	15.00		15.30	15.30	15.40	15.00		37.15			
2		10/11/2022	08/12/2022	28	27.974	53.50	53.50	53.50	54.00		14.90	14.90	15.20	15.00		15.50	15.60	15.00	15.00		38.84			
3		10/11/2022	08/12/2022	28	28.490	53.90	54.00	53.90	54.00		15.00	15.20	15.10	15.00		15.10	15.50	15.00	15.00		39.57			
																				PROMEDIO				
																				DESV. ESTANDAR (σ)				
																				COEF. DE VARIACION (%)				



Figura 168.

Recolección de datos para el Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m3.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA(R) (kg/ cm2)
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)				
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																							
1		12/11/2022	10/12/2022	28	29.33	53.80	53.60	53.70	53.80		15.20	15.00	15.30	15.00		15.30	15.00	15.00	15.00		39.07		
2		12/11/2022	10/12/2022	28	30.00	54.00	54.00	54.00	54.00		15.20	15.50	15.20	15.00		15.30	15.50	15.40	15.00		39.26		
3		12/11/2022	10/12/2022	28	29.50	53.90	54.20	54.00	54.00		15.00	15.00	15.30	15.00		15.10	15.50	15.00	15.00		39.52		
																				PROMEDIO			
																				DESV. ESTANDAR (σ)			
																				COEF. DE VARIACION (%)			

3.6 Procedimientos de Análisis de datos.

3.6.1 Método de Diseño Technical Report N° 34

Se verifica el diseño del proyecto denominado “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular en la prolongación Av. De la cultura entre el cóndor Apuchin y la Av. Tomas Tuyrutupac del distrito de San Sebastián-Cusco” el cual consta de la construcción de un tramo de pista usando el concreto reforzado con fibras de acero bajo los estándares, regulaciones y solicitudes de los responsables del proyecto.

Condiciones de diseño:

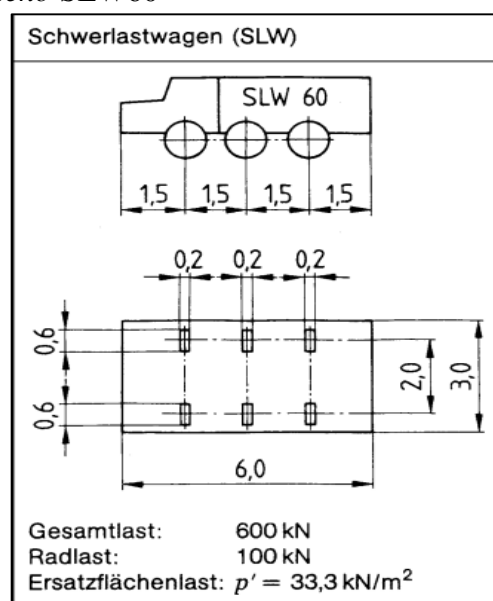
Las especificaciones iniciales del proyecto son para la construcción de un pavimento de concreto armado de 22.50 cm de espesor con fibra de acero Wirand FF1=20kg/m³. El concreto a utilizar requirió de una resistencia a la compresión de 280 kg/cm².

También se tiene los siguientes datos:

- Módulo de reacción de la subrasante: 0.085 N/mm³
- Camión para el diseño: SLW60- carga máxima 60 tn:
 - Peso total: 600 kN
 - Carga de rueda delantera por eje: 100 kN
 - La distancia de la rueda “s”: 2000 mm
 - La distancia entre ejes a₁ y a₂: 1500 mm
 - Área de contacto b_x: 600 mm
 - Área de contacto b_y: 200 m

Figura 169.

Camión de diseño SLW60



Nota. Tomado de (InfoGraph, 2023)



El principio general de la metodología de diseño es la determinación del espesor de la losa de concreto siendo así, que el espesor mínimo de diseño es de 150 mm para las losas soportadas directamente sobre el terreno de acuerdo al TR-34.

La consideración de las características reales del concreto fibroreforzado permite obtener resultados validos en la práctica. El diseño estructural se basa en las reglas técnicas y recomendaciones incluidas en el código ingles TR-34. Es por ello, que se efectúa el diseño para una dosificación de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 para determinar el mínimo espesor que se puede tener para un concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

3.6.1.1 Diseño para una dosificación de 20 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Datos generales

Diseño con tipo de fibra Wirand FF1, dosificación de la fibra 20 kg/m3 y resistencia a compresión del concreto de 280 kg/cm2.

Materiales:

- La resistencia a la compresión de un molde cilíndrico, por la **Tabla 5**, el valor es:

$$f_{ck} = 27.47 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la tracción axial media

$$f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3} = 2.73 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la tracción

$$f_{ctk(0.05)} = 0.7f_{ctm} = 1.91 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la compresión media en un molde cilíndrico

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 35.47 \text{ N/mm}^2$$

- Módulo de elasticidad

$$E_{cm} = 22 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3} = 32.16 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia equivalente a la flexión, por la **Tabla 6**, el valor es:

$$R_{e,3} = 0.48$$

- Módulo de reacción de la subrasante, con el valor de CBR 30% y la **Figura 15**, el valor es: $k = 0.085 \text{ N/mm}^3$

- Módulo de Poisson

$$\nu = 0.20$$

- Espesor de losa asumido

$$h_{asum} = 190 \text{ mm}$$



Cálculos previos:

- La resistencia a la flexión del concreto plano

$$f_{ctk,fl} = \left[1 + \frac{200^{0.5}}{h} \right] f_{ctk(0.05)} = 3.87 \text{ N/mm}^2$$

$$2f_{ctk(0.05)} = 3.82 \text{ N/mm}^2$$

- Radio de rigidez relativa

$$\iota = \left[\frac{E_{cm} h^{0.3}}{12(1 - \nu^2)k} \right]^{0.25} = 688.96 \text{ mm}$$

- Capacidad de la losa para momentos negativos

$$M_n = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} \left(\frac{h^2}{6} \right) = 15.54 \text{ kN.m}$$

- Capacidad de la losa para momentos positivos

$$M_p = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} (R_{e,3}) \left(\frac{h^2}{6} \right) = 7.46 \text{ kN.m}$$

Carga más crítica: Camión SLW60

Datos:

- Sección de la placa base : 600 x 200 mm = 120000 mm²
- Carga de rueda delantera por eje: 100 kN
- Separación a ejes: 2000 mm
- Factor de seguridad (fs) = 1.60

Cálculos previos:

- Radio equivalente: a= 300 mm
- $a/\iota = 0.44$
- Carga ultima requerida: 100KN x 1.60 = 160 KN

Resultados:

- Ecuaciones de diseño

Cargas internas:

- Para una relación $a/\iota = 0$ entonces $P_u = 144.48 \text{ KN}$

$$P_u = 2\pi(M_p + M_n)$$

- Para una relación $a/\iota = 0.2$ entonces $P_u = 309.59 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{4\pi(M_p + M_n)}{1 - \left(\frac{a}{3\iota}\right)}$$



- Para una relación $a/t = 0.38$ entonces $P_u = 503.97 \text{ KN} > 160 \text{ KN}$ (**diseño correcto**)

Para cargas de borde libre:

- Para una relación $a/t = 0$ entonces $P_u = 67.19 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n)}{2} + 2M_n$$

- Para una relación $a/t = 0.2$ entonces $P_u = 155.06 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n) + 4M_n}{1 - \left(\frac{2a}{3t}\right)}$$

- Para una relación $a/t = 0.38$ entonces $P_u = 258.50 \text{ KN} > 160 \text{ KN}$ (**diseño correcto**)

Para cargas en esquina:

- Para una relación $a/t = 0$ entonces $P_u = 31.07 \text{ KN}$

$$P_u = 2M_n$$

- Para una relación $a/t = 0.2$ entonces $P_u = 77.68 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{4M_n}{1 - \left(\frac{a}{t}\right)}$$

- Para una relación $a/t = 0.38$ entonces $P_u = 132.55 \text{ KN}$

Por la presencia de los dowells, se asume 80% de la carga última

$$P_u = 132.55 \text{ KN} > 128 \text{ KN} \text{ (**Diseño correcto**)}$$

b. Punzonamiento

Concreto sin refuerzo: $d = 0.75 \times h = 142.5 \text{ mm}$

A la cara del área de carga

- Perímetro a la cara del área cargada

$$u_0 = 200 * 2 + 600 = 1000 \text{ mm}$$

- Esfuerzo actuante

$$v_p = \frac{\text{Carga ultima requerida} * 1000}{u_0 * 187.5} = 0.85 \text{ N/mm}^2$$

- Coeficiente k_2

$$k_2 = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.53$$

- Esfuerzo de compresión del concreto

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 18.31 \text{ N/mm}^2$$



- Esfuerzo de cortante máximo

$$V_{m\acute{a}x} = 0.5k_2f_{cd} = 4.89 \text{ N/mm}^2 > 0.85 \text{ N/mm}^2 \text{ (Diseño correcto)}$$

En el perímetro crítico

- Longitud de perímetro crítico

$$u_1 = u_0 + (\pi \times 2d) = 1895.35 \text{ mm}$$

- Coeficiente k1

$$K_1 = 1 + \left(\frac{200}{d}\right)^{0.5} = 2.18$$

- Capacidad de fuerza cortante

$$V_f = 0.12R_{e,3}f_{ctk,fl} = 223.11 \text{ KN} > 160 \text{ KN (Diseño correcto)}$$

3.6.1.2 Diseño para una dosificación de 35 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Datos generales

Diseño con tipo de fibra Wirand FF1, dosificación de la fibra 35 kg/m3 y resistencia a compresión del concreto de 280 kg/cm2.

Materiales:

- La resistencia a la compresión de un molde cilíndrico, por la **Tabla 5**, el valor es:

$$f_{ck} = 27.47 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la tracción axial media

$$f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3} = 2.73 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la tracción

$$f_{ctk(0.05)} = 0.7f_{ctm} = 1.91 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la compresión media en un molde cilíndrico

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 35.47 \text{ N/mm}^2$$

- Módulo de elasticidad

$$E_{cm} = 22 \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 32.16 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia equivalente a la flexión, por la **Tabla 6**, el valor es:

$$R_{e,3} = 0.71$$

- Módulo de reacción de la subrasante, con el valor de CBR 30% y la **Figura 15**, el valor es:

$$k = 0.085 \text{ N/mm}^3$$

- Módulo de Poisson

$$\nu = 0.20$$



- Espesor de losa asumido

$$h_{asum} = 190 \text{ mm}$$

Cálculos previos:

- La resistencia a la flexión del concreto plano

$$f_{ctk,fl} = \left[1 + \frac{200^{0.5}}{h} \right] f_{ctk(0.05)} = 3.87 \text{ N/mm}^2$$

$$2f_{ctk(0.05)} = 3.82 \text{ N/mm}^2$$

- Radio de rigidez relativa

$$\iota = \left[\frac{E_{cm} h^{0.3}}{12(1 - \nu^2)k} \right]^{0.25} = 688.96 \text{ mm}$$

- Capacidad de la losa para momentos negativos

$$M_n = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} \left(\frac{h^2}{6} \right) = 15.54 \text{ kN.m}$$

- Capacidad de la losa para momentos positivos

$$M_p = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} (R_{e,3}) \left(\frac{h^2}{6} \right) = 11.03 \text{ kN.m}$$

Carga más crítica: Camión SLW60

Datos:

- Sección de la placa base : 600 x 200 mm = 120000 mm²
- Carga de rueda delantera por eje: 100 kN
- Separación a ejes: 2000 mm
- Factor de seguridad (fs) = 1.60

Cálculos previos:

- Radio equivalente: a = 300 mm
- $a/\iota = 0.44$
- Carga última requerida: 100 kN x 1.60 = 160 kN

Resultados:

- a. Ecuaciones de diseño

Cargas internas:

- Para una relación $a/\iota = 0$ entonces $P_u = 166.93 \text{ kN}$

$$P_u = 2\pi(M_p + M_n)$$

- Para una relación $a/\iota = 0.2$ entonces $P_u = 357.71 \text{ kN}$



$$P_u = \frac{4\pi(M_p + M_n)}{1 - \left(\frac{a}{3t}\right)}$$

- Para una relación $a/t = 0.38$ entonces $P_u = 582.29 \text{ KN} > 160 \text{ KN}$ (**diseño correcto**)

Para cargas de borde libre:

- Para una relación $a/t = 0$ entonces $P_u = 72.81 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n)}{2} + 2M_n$$

- Para una relación $a/t = 0.2$ entonces $P_u = 168.01 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n) + 4M_n}{1 - \left(\frac{2a}{3t}\right)}$$

- Para una relación $a/t = 0.38$ entonces $P_u = 280.09 \text{ KN} > 160 \text{ KN}$ (**diseño correcto**)

Para cargas en esquina:

- Para una relación $a/t = 0$ entonces $P_u = 31.07 \text{ KN}$

$$P_u = 2M_n$$

- Para una relación $a/t \geq 0.2$ entonces $P_u = 77.68 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{4M_n}{1 - \left(\frac{a}{t}\right)}$$

- Para una relación $a/t = 0.38$ entonces $P_u = 132.55 \text{ KN}$

Por la presencia de los dowells, se asume 80% de la carga última

$$P_u = 132.55 \text{ KN} > 128 \text{ KN} \text{ (**Diseño correcto**)}$$

b. Punzonamiento

Concreto sin refuerzo: $d = 0.75 \times h = 142.5 \text{ mm}$

A la cara del área de carga

- Perímetro a la cara del área cargada

$$u_0 = 200 \times 2 + 600 = 1000 \text{ mm}$$

- Esfuerzo actuante

$$v_p = \frac{\text{Carga ultima requerida} \times 1000}{u_0 \times 187.5} = 0.85 \text{ N/mm}^2$$

- Coeficiente k_2

$$k_2 = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.53$$



- Esfuerzo de compresión del concreto

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 18.31 \text{ N/mm}^2$$

- Esfuerzo de cortante máximo

$$V_{m\acute{a}x} = 0.5k_2f_{cd} = 4.89 \text{ N/mm}^2 > 0.85 \text{ N/mm}^2 \text{ (Diseño correcto)}$$

En el perímetro crítico

- Longitud de perímetro crítico

$$u_1 = u_0 + (\pi \times 2d) = 1895.35 \text{ mm}$$

- Coeficiente k1

$$K_1 = 1 + \left(\frac{200}{d}\right)^{0.5} = 2.18$$

- Capacidad de fuerza cortante

$$V_f = 0.12R_{e,3}f_{ctk,fl} = 330.01 \text{ KN} > 160 \text{ KN} \text{ (Diseño correcto)}$$

3.6.1.3 Diseño para una dosificación de 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Datos generales

Diseño con tipo de fibra Wirand FF1, dosificación de la fibra 50 kg/m3 y resistencia a compresión del concreto de 280 kg/cm2.

Materiales:

- La resistencia a la compresión de un molde cilíndrico, por la **Tabla 5**, el valor es:

$$f_{ck} = 27.47 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la tracción axial media

$$f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3} = 2.73 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la tracción

$$f_{ctk(0.05)} = 0.7f_{ctm} = 1.91 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia a la compresión media en un molde cilíndrico

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 35.47 \text{ N/mm}^2$$

- Módulo de elasticidad

$$E_{cm} = 22 \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 32.16 \text{ N/mm}^2$$

- Resistencia equivalente a la flexión, por la **Tabla 6**, el valor es:

$$R_{e,3} = 0.89$$

- Módulo de reacción de la subrasante, con el valor de CBR 30% y la **Figura 15**, el valor es:

$$k = 0.085 \text{ N/mm}^3$$



- Módulo de Poisson

$$\nu = 0.20$$

- Espesor de losa asumido

$$h_{asum} = 190 \text{ mm}$$

Cálculos previos:

- La resistencia a la flexión del concreto plano

$$f_{ctk,fl} = \left[1 + \frac{200^{0.5}}{h} \right] f_{ctk(0.05)} = 3.87 \text{ N/mm}^2$$

$$2f_{ctk(0.05)} = 3.82 \text{ N/mm}^2$$

- Radio de rigidez relativa

$$\iota = \left[\frac{E_{cm} h^{0.3}}{12(1 - \nu^2)k} \right]^{0.25} = 688.96 \text{ mm}$$

- Capacidad de la losa para momentos negativos

$$M_n = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} \left(\frac{h^2}{6} \right) = 15.54 \text{ kN.m}$$

- Capacidad de la losa para momentos positivos

$$M_p = \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_c} (R_{e,3}) \left(\frac{h^2}{6} \right) = 13.83 \text{ kN.m}$$

Carga más crítica: Camión SLW60

Datos:

- Sección de la placa base : 600 x 200 mm = 120000 mm²
- Carga de rueda delantera por eje: 100 kN
- Separación a ejes: 2000 mm
- Factor de seguridad (fs) = 1.60

Cálculos previos:

- Radio equivalente: a= 300 mm
- a/ ι = 0.44
- Carga ultima requerida: 100KN x 1.60 = 160 KN

Resultados:

- a. Ecuaciones de diseño

Cargas internas:

- Para una relación a/ ι =0 entonces $P_u = 184.50 \text{ KN}$



$$P_u = 2\pi(M_p + M_n)$$

- Para una relación $a/l = 0.2$ entonces $P_u = 395.36 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{4\pi(M_p + M_n)}{1 - \left(\frac{a}{3l}\right)}$$

- Para una relación $a/l = 0.38$ entonces $P_u = 643.58 \text{ KN} > 160 \text{ KN}$ (**diseño correcto**)

Para cargas de borde libre:

- Para una relación $a/l = 0$ entonces $P_u = 77.20 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n)}{2} + 2M_n$$

- Para una relación $a/l = 0.2$ entonces $P_u = 178.15 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{\pi(M_p + M_n) + 4M_n}{1 - \left(\frac{2a}{3l}\right)}$$

- Para una relación $a/l = 0.38$ entonces $P_u = 296.99 \text{ KN} > 160 \text{ KN}$ (**diseño correcto**)

Para cargas en esquina:

- Para una relación $a/l = 0$ entonces $P_u = 31.07 \text{ KN}$

$$P_u = 2M_n$$

- Para una relación $a/l \geq 0.2$ entonces $P_u = 77.68 \text{ KN}$

$$P_u = \frac{4M_n}{1 - \left(\frac{a}{l}\right)}$$

- Para una relación $a/l = 0.38$ entonces $P_u = 132.55 \text{ KN}$

Por la presencia de los dowells, se asume 80% de la carga última

$$P_u = 132.55 \text{ KN} > 128 \text{ KN} \text{ (**Diseño correcto**)}$$

b. Punzonamiento

Concreto sin refuerzo: $d = 0.75 \times h = 142.5 \text{ mm}$

A la cara del área de carga

- Perímetro a la cara del área cargada

$$u_0 = 200 * 2 + 600 = 1000 \text{ mm}$$

- Esfuerzo actuante

$$v_p = \frac{\text{Carga ultima requerida} * 1000}{u_0 * 187.5} = 0.85 \text{ N/mm}^2$$

- Coeficiente k_2



$$k_2 = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.53$$

- Esfuerzo de compresión del concreto

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 18.31 \text{ N/mm}^2$$

- Esfuerzo de cortante máximo

$$V_{m\acute{a}x} = 0.5 k_2 f_{cd} = 4.89 \text{ N/mm}^2 > 0.85 \text{ N/mm}^2 \text{ (Diseño correcto)}$$

En el perímetro crítico

- Longitud de perímetro crítico

$$u_1 = u_0 + (\pi \times 2d) = 1895.35 \text{ mm}$$

- Coeficiente k1

$$K_1 = 1 + \left(\frac{200}{d} \right)^{0.5} = 2.18$$

- Capacidad de fuerza cortante

$$V_f = 0.12 R_{e,3} f_{ctk,fl} = 413.68 \text{ KN} > 160 \text{ KN (Diseño correcto)}$$

Análisis de la prueba

De acuerdo a los cálculos efectuados se determina que el mínimo valor de espesor que puede asumir la losa para las condiciones verificadas es de 19.00 cm de espesor, el cual puede ser con una dosificación de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³ de fibras de acero Wirand FF1.

Detalle de juntas:

El tramo en estudio perteneciente a la región del Cusco, donde los cambios de temperatura son muy bruscos y la altura mayor a 3000 m.s.n.m. se recomienda emplear losas cuadradas de acuerdo al ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014), motivo por el cual el ancho y la longitud de la losa será de 3.0 metros.

- a) Barras de amarre y pasadores:

Denominados aceros corrugados, que se colocarán en la zona centro de la junta longitudinal con la finalidad de conectar carriles adyacentes, mejorando la integridad del sello, generalmente se utilizan para la transferencia de cargas, así como los dowells.

Tabla 10.

Aceros Corrugados para juntas longitudinales

Rango de espesor de la losa	Tamaño de varilla (cm) Diam. x Long.	Distancia de la junta al extremo libre	
		3.00 M	3.60 M
190 mm	1.27 x 74	@ 76cm	@ 76 cm

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



Se obtiene:

- Diámetro de barra de amarre: 1/2”
- Acero corrugado $F'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$
- Longitud: 76 cm
- Espaciamiento: 76 cm

Tabla 11.

Dowells o Pasadores para juntas transversales

Rango de espesor de la losa	Diámetro		longitudes del pasador o dowells (mm)	Separación entre pasadores (mm)
	mm	pulg		
190 mm	25	1	410 mm	300 mm

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Se obtiene:

- Diámetro de barra lisa: 1”
- Acero liso $F'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$
- Longitud: 41 cm
- Espaciamiento: 30 cm

3.6.2 Método de diseño AASHTO 93

Parámetros de diseño:

Para el tramo en estudio que es de la Avenida de la Cultura entre el cóndor Apuchin y la Av. Tomas Tuyrutupac del distrito de San Sebastián - Cusco, se tiene 30'000,000 Ejes Equivalentes, puesto que la Avenida de la Cultura tiene un alto volumen de tráfico.

a) Confiabilidad y desviación estándar.

Según la **Figura 29** del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), sobre los tipos ejes equivalentes obtenemos como resultado a $TP_{14} = 90\%$ (R) y se sugiere una $(S_o) = 0.35$

Tabla 12.

Confiabilidad y Desviación Estándar normal para Tp_{14}

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Confiabilidad (R)	Desviación estándar normal (Zr)
Tp 14	$> 25'000,001 \text{ EE} \leq 30'000,000 \text{ EE}$	90%	-1.282

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



b) Serviciabilidad

Según la **Figura 28** del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), la serviciabilidad se haya de acuerdo al tipo de tráfico expresado en EE. Siendo el índice de serviciabilidad inicial (P_i) = 4.50 y el índice de serviciabilidad final (P_t) = 3.0

Tabla 13.

Serviciabilidad de acuerdo al tipo de tráfico

Trafico	Ejes Equivalentes acumulados	Índice de serviciabilidad Inicial (P_i)	Índice de serviciabilidad final o terminal (P_t)	Diferencial de serviciabilidad Δ PSI
Tp 14	$> 25'000,001$ EE \leq $30'000,000$ EE	4.5	3.0	1.5

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

c) El suelo y sus efectos de apoyo (EMS)

Se estimará una base de 15 cm, para hallar el módulo de reacción K.

- Datos de la base CBR =80%

El CBR de la base deber ser igual o superior a 80% de acuerdo al manual, por lo tanto, se optara como dato mínimo 80%.

Si $CBR \leq 10$

$$k = 2.55 + 52.5 * \log (CBR)$$

Si $CBR > 10$

$$k = 46 + 9.08 * \log (CBR)^{4.34}$$

$$k_1 = 194.23 \text{ Mpa/m}$$

- Datos de la subrasante CBR= 30%

Si $CBR \leq 10$

$$k = 2.55 + 52.5 * \log (CBR)$$

Si $CBR > 10$

$$k = 46 + 9.08 * \log (CBR)^{4.34}$$

$$k_o = 95.36 \text{ Mpa/m}$$

Módulo de reacción compuesto de la subrasante (K)

$$k_c = k_o * \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 * \left(\frac{k_1}{k_o} \right)^{2/3} \right]^{0.5}$$

$$k_c = 106.63 \text{ Mpa/m} = 389.19 \text{ PCI/m}$$



d) Resistencia a la flexotracción del concreto.

Tabla 14.

Resistencia a la flexotracción del concreto

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia mínima a la flexotracción del concreto (Mr)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (F'c)
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

e) Modulo elástico del concreto

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

$$E = 4\,021,700.43 \text{ PSI} = 27728.64 \text{ Mpa}$$

Para el presente diseño se propone un concreto con resistencia a la compresión de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$. (4978.17 Psi).

El módulo de rotura se correlaciona con el módulo elástico de concreto:

$$MR = ((43.5 \times E_c) / (1000000)) + 488.5 \text{ PSI}$$

$$\text{Entonces: } Mr = 663.44 \text{ PSI} = 4.57 \text{ Mpa}$$

f) Transferencia de carga (J)

Se hará uso de la **Figura 34** donde especifica que contaremos con berma de concreto y se aplicaran pasadores para la transferencia de carga. Por lo tanto, $J = 2.8$

g) Drenaje (Cd)

Para hallar este coeficiente es necesario tener los datos de calidad de drenaje, en nuestro caso el tiempo que tarda en evacuar el agua provocada por las lluvias es de 1 día por lo tanto contamos con una calidad de drenaje buena, en la sierra acostumbra a llover mucho por lo que el tiempo en que está expuesto el pavimento será mayor a un 25%. Siendo así que $Cd = 1.00$

Tabla 15.

Calidad de drenaje y % de exposición próximo a saturación

Calidad de drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



h) Determinación del Espesor de Pavimento (D)

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{18} = & Z_r S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} \\ & + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{Mr C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right)} \right) \end{aligned}$$

Donde:

- $W_{18} = 30'000,000$
- $Z_r = -1.282$
- $S_0 = 0.35$
- D: Espesor de capa de rodadura en milímetros.
- $\Delta PSI = 1.15$
- $P_t = 3.00$
- $Mr = 663.44 PSI = 4.57 Mpa$
- $J = 2.8$
- $C_d = 1.00$
- $E_c = 4'021,700.43 PSI = 27728.64 Mpa$
- $K = 106.63 Mpa/m = 389.19 PCI/m$

Para la determinación del espesor de la losa se puede hacer uso de la fórmula de AASHTO o emplear el software denominado “Ecuación AASHTO 93” para obtener el espesor de la losa.

Se introduce en el software los siguientes datos:

- Factor de desviación Normal para el nivel de confiabilidad R (Z_r) = -1.282
- Desviación estándar (S_0) = 0.35
- Serviciabilidad inicial (P_i) = 4.50
- Serviciabilidad final (P_t) = 3.00
- Módulo de reacción de la subrasante (K) = 106.63 Mpa/m = 389.19 PCI/m
- Módulo de elasticidad del concreto (E_c) = 4'021,700.43 PSI = 27728.64 Mpa
- Módulo de rotura del concreto (M_r o S_c) = 663.44 PSI = 4.57 Mpa
- Factor de transferencia de carga (J) = 2.8
- Coeficiente de drenaje (C_d) = 1.00
- Trafico estimado en ejes equivalentes (W_{18}) = 30'000,000



Figura 170.

Calculo de las Ecuaciones AASHTO 1993

Se obtiene un espesor de losa $D = 11.50 \text{ plg.} = 29.20 \text{ cm}$, siendo así que se aproxima a un valor de **30 cm** para el espesor de la losa.

i) Diseño de juntas transversales:

La modulación de las losas está determinada por la separación de las juntas transversales. El corte debe de tener una profundidad de mínimo 5 cm y el ancho de 3mm a 6 mm como máximo.

j) Diseño de juntas longitudinales:

Las juntas longitudinales permiten la división de la vía a lo largo de esta, dividiéndola en carriles.

k) Barras de amarre y pasadores:

Denominados aceros corrugados, que se colocarán en la zona centro de la junta longitudinal con la finalidad de conectar carriles adyacentes, mejorando la integridad del sello, generalmente se utilizan para la transferencia de cargas, así como los dowells.



Tabla 16.

Aceros Corrugados

Rango de espesor de la losa	Tamaño de varilla (cm) Diam. x Long.	Distancia de la junta al extremo libre	
		3.00 M	3.60 M
300 mm	1.59 x 91	@ 91cm	@ 91 cm

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Se obtiene:

- Diámetro de barra de amarre: 5/8"
- Acero corrugado $F'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$
- Longitud: 91 centímetros
- Espaciamiento: 91 cm máximo

Tabla 17.

Dowells o Pasadores

Rango de espesor de la losa	Diámetro		longitudes del pasador o dowells (mm)	Separación entre pasadores (mm)
	mm	pulg		
300 mm	32	1 ¼"	460 mm	300 mm

Nota. Tomado de (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Se obtiene:

- Diámetro de barra lisa: 1 ¼"
- Acero liso $F'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$
- Longitud: 46 cm
- Espaciamiento: 30 cm

3.6.3 Ensayo de Granulometría de los agregados

3.6.3.1 Granulometría del Agregado Fino

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para obtener el porcentaje del peso retenido, el porcentaje de peso acumulado, el porcentaje de peso que pasa y el módulo de fineza se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$- \quad \% \text{ Peso retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} * 100$$

$$- \quad \% \text{ Peso acumulado} = \% \text{ de peso retenido} + \% \text{ de peso acumulado anterior}$$

$$- \quad \% \text{ Peso que pasa} = 100 - \% \text{ de peso acumulado}$$



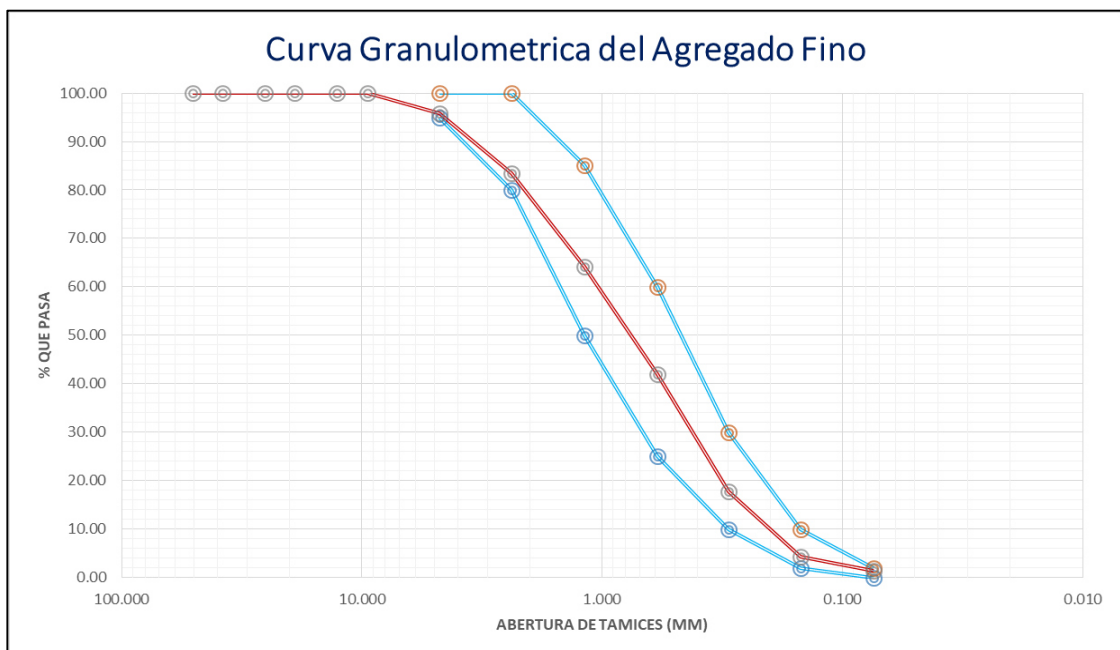
$$\text{Módulo de fineza} = \frac{\sum \% \text{ de los pesos acumulados (de la malla N° 4 al N° 100)}}{100}$$

b) Diagrama o/y tablas

Figura 171.

Análisis granulométrico del Agregado fino

TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acomulado (%)	Pasante Acomulado (%)	Limite Inferior (%)	Limite Superior (%)
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	0	0
N°4	4.760	46.14	4.22	4.22	95.78	95	100
N°8	2.380	135.36	12.38	16.60	83.40	80	100
N°16	1.190	209.88	19.20	35.79	64.21	50	85
N°30	0.590	243.20	22.24	58.04	41.96	25	60
N°50	0.297	264.18	24.16	82.20	17.80	10	30
N°100	0.149	146.58	13.41	95.60	4.40	2	10
N°200	0.074	31.90	2.92	98.52	1.48	0	2
FONDO		16.16	1.48	100.00	0.00		
TOTAL		1093.40	100.00				
MF.				2.92			



c) Análisis de la prueba

El módulo de fineza que se obtuvo fue de 2.92, el cual se encuentran dentro de los límites establecidos por la NTP 400.037 que debe encontrarse en un rango de 2.3 y 3.1



3.6.3.2 Granulometría del Agregado Grueso

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Para obtener el porcentaje del peso retenido, el porcentaje de peso acumulado y el porcentaje de peso que pasa, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\circ \quad \% \text{ Peso retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} * 100$$

$$\circ \quad \% \text{ Peso acumulado} = \% \text{ de peso retenido} + \% \text{ de peso acumulado anterior}$$

$$\circ \quad \% \text{ Peso que pasa} = 100 - \% \text{ de peso acumulado}$$

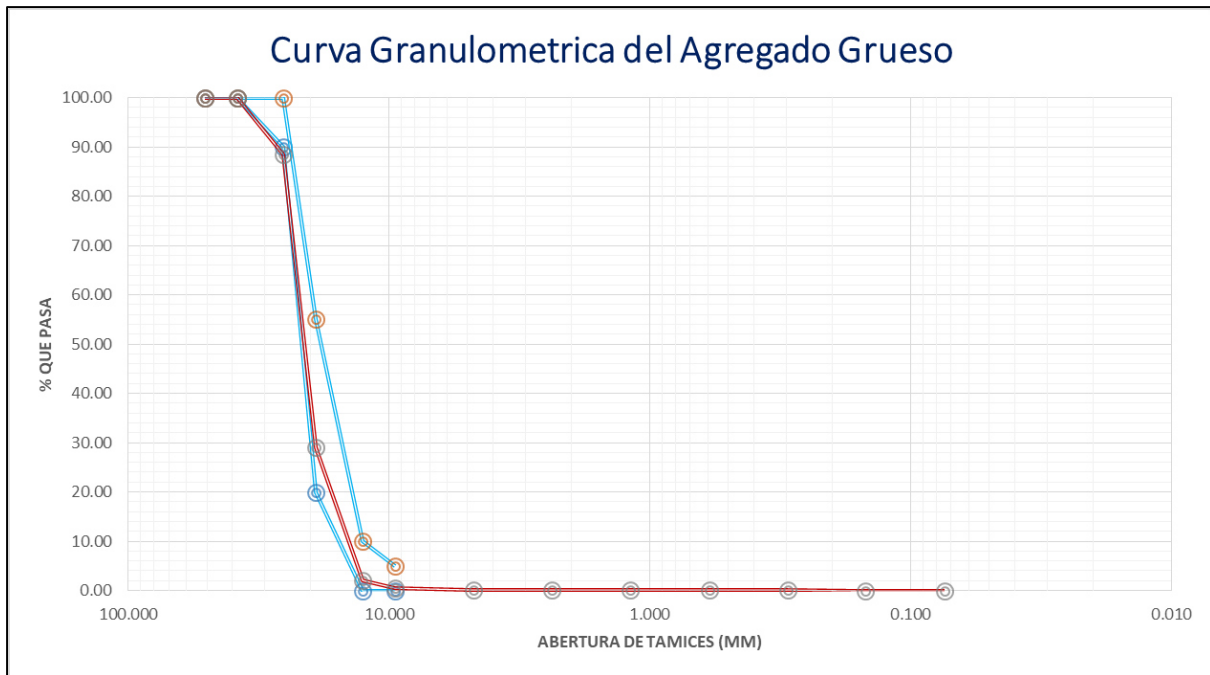
- El tamaño máximo: Es el diámetro de la malla por la que pasa todo el material del agregado grueso.
- El tamaño máximo nominal: Es el diámetro de la primera malla por la que se retiene el agregado grueso.

b) Diagrama o/y tablas

Figura 172.

Análisis granulométrico del Agregado grueso.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)							
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA					
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN					
FECHA:		17/10/2022					
CANTERA:		VICHO					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 8701.00 g							
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acomulado (%)	Pasante Acomulado (%)	Limite Inferior (%)	Limite Superior (%)
Pulg.	mm						
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.400	1007.00	11.57	11.57	88.43	90	100
3/4"	19.050	5161.00	59.32	70.89	29.11	20	55
1/2"	12.700	2358.00	27.10	97.99	2.01	0	10
3/8"	9.525	137.00	1.57	99.57	0.43	0	5
N°4	4.760	36.00	0.41	99.98	0.02	0	0
N°8	2.380	0.08	0.00	99.98	0.02	0	0
N°16	1.190	0.12	0.00	99.98	0.02	0	0
N°30	0.590	0.10	0.00	99.98	0.02	0	0
N°50	0.297	0.17	0.00	99.99	0.01	0	0
N°100	0.149	0.25	0.00	99.99	0.01	0	0
N°200	0.074	0.60	0.01	99.99	0.01	0	0
FONDO		0.45	0.01	100.00	0.00	0	0
TOTAL		8700.77	100.00				
T.M.		1 1/2"					
T.M.N.		1"					



c) Análisis de la prueba

El tamaño máximo de acuerdo al análisis granulométrico fue de 1 1/2" de diámetro, y el tamaño máximo nominal fue de 1".

3.6.4 Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados

3.6.4.1 Del agregado fino

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para obtener el contenido de humedad del agregado fino se realizaron los siguientes cálculos:



- $\text{Peso del agua} = (\text{Peso del molde} + \text{Peso de la muestra natural}) - (\text{Peso del molde} + \text{Peso de la muestra seca})$
- $\text{Peso de la muestra seca} = (\text{Peso del molde} + \text{Peso de la muestra seca}) - \text{Peso del molde}$
- $\text{Contenido de Humedad } \% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$



b) Diagrama o/y tablas

Figura 173.

Contenido de humedad del agregado fino

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (ASTM-D2216)					
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:	18/10/2022				
CANTERA:	COMBAPATA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
Peso del molde	g	19.54	18.66	19.41	
Peso del molde + Peso de la muestra natural	g	78.12	86.63	91.43	
Peso del molde + Peso de la muestra seca	g	74.40	82.31	86.83	
Peso del agua	g	3.72	4.32	4.60	
Peso de la muestra seca	g	54.86	63.65	67.42	
Humedad	%	6.781	6.787	6.823	
Contenido de humedad Promedio	%	6.797			

c) Análisis de la prueba

El contenido de humedad de las tres muestras de agregado fino fue: 6.781%, 6.787% y 6.823 %; por ello el contenido de humedad promedio del agregado fino fue de 6.797 %

3.6.4.2 Del agregado grueso

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para obtener el contenido de humedad del agregado grueso se realizaron los siguientes cálculos:



- $\text{Peso del agua} = (\text{Peso del molde} + \text{Peso de la muestra natural}) - (\text{Peso del molde} + \text{Peso de la muestra seca})$
- $\text{Peso de la muestra seca} = (\text{Peso del molde} + \text{Peso de la muestra seca}) - \text{Peso del molde}$
- $\text{Contenido de Humedad } \% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$



b) Diagrama o/y tablas

Figura 174.

Contenido de humedad del agregado grueso.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (ASTM-D2216)					
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:	18/10/2022				
CANTERA:	VICHO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	
Peso del molde	g	19.59	19.49	18.8	
Peso del molde + Peso de la muestra natural	g	94.75	91.20	92.72	
Peso del molde + Peso de la muestra seca	g	94.74	91.19	92.71	
Peso del agua	g	0.01	0.01	0.01	
Peso de la muestra seca	g	75.15	71.70	73.91	
Humedad	%	0.013	0.014	0.014	
Contenido de humedad Promedio	%	0.014			

c) Análisis de la prueba

El contenido de humedad de las tres muestras de agregado grueso fue: 0.013%, 0.014% y 0.014 %; por ello el contenido de humedad promedio del agregado grueso fue de 0.014 %

3.6.5 Ensayo de Peso específico y Absorción de los Agregados

3.6.5.1 Del agregado fino

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para obtener el peso específico y absorción del agregado fino se realizaron los siguientes cálculos:

- $\text{Peso específico seco (kg /cm}^3) = \frac{A}{V_m} = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Volumen de la muestra}}$
- $\text{Absorción (\%)} = \frac{S-A}{A} \times 100$

Donde:

A: Peso de muestra seca

S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)



b) Diagrama o/y tablas

Figura 175.

Peso específico y absorción del agregado fino.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022:2013)				
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA			
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN			
FECHA:	18/10/2022			
CANTERA:	COMBAPATA			
PESO ESPECÍFICO SECO				
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES	
A	Peso de muestra seca	gr.	362.67	
B	Peso (fiola + agua)	gr.	704	
C	Peso (fiola + muestra sss+agua)	gr.	934	
V _m	Volumen de la muestra	cm ³	149	
Pes	Peso específico seco	kg/cm ³	2434.03	
ABSORCIÓN				
SIMBOLO	DESCRIPCION	ENSAYO 1	ENSAYO 2	
S	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)	377.00	274	
A	Peso de muestra seca (gr.)	362.67	263.9	
Ab	Absorción %	3.95	3.83	
Ab	Absorción promedio %	3.89		

c) Análisis de la prueba

El peso específico de la masa del agregado fino es de 2434.03 kg/cm³, y su porcentaje de absorción es de 3.89 %.

3.6.5.2 Del agregado grueso

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para obtener el peso específico y absorción del agregado grueso se realizaron los siguientes cálculos:

- $\text{Peso específico seco (kg /cm}^3\text{)} = \frac{A}{V_m} = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Volumen de la muestra}}$
- $\text{Absorción (\%)} = \frac{B-A}{A} \times 100$

Donde:

A: Peso de muestra seca

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)

b) Diagrama o/y tablas

Figura 176.

Peso específico y absorción del agregado grueso.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021:2013)					
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:	18/10/2022				
CANTERA:	VICHO				
PESO ESPECÍFICO SECO					
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES		
	Peso Canastilla sumergida	gr.	0		
A	Peso de muestra seca	gr.	1631		
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	1639		
C	Peso (canastilla + muestra) Sumergida	gr.	1019		
V _m	Volumen de la muestra	cm ³	620		
Pes	Peso específico seco	kg/cm ³	2630.65		
ABSORCIÓN					
SIMBOLO	DESCRIPCION	ENSAYO 1	ENSAYO 2		
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.)	1639.00	1072		
A	Peso de muestra seca (gr.)	1631.00	1067		
Ab	Absorción %	0.49	0.47		
Ab	Absorción promedio %	0.48			

c) Análisis de la prueba

El peso específico de la masa del agregado grueso es de 2630.65 kg/cm³, y su porcentaje de absorción es de 0.48 %.

3.6.6 Ensayo de Peso Unitario de los agregados

3.6.6.1 Del agregado Fino

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para determinar el volumen del molde se utilizó la siguiente formula:

$$\circ \text{ Volumen del molde} = \frac{\pi}{4} * \text{diámetro}^2 * \text{altura}$$

Para determinar el peso unitario suelto y compactado se utilizó la siguiente formula:

$$\circ \text{ Peso Unitario } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del Molde}}$$

Para determinar el Peso unitario promedio suelto y compactado se utilizó la siguiente formula:

$$\circ \text{ Promedio de Peso Unitario } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\sum(\text{Peso Unitario})}{\# \text{ Muestras}}$$



b) Diagrama o/y tablas

Figura 177.

Análisis de datos del peso unitario del Agregado Fino.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.017:2011)						
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA				
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN				
FECHA:		18/10/2022				
CANTERA:		COMBAPATA				
		DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
		Diametro del envase	cm	14.9	15.1	15
		Altura del envase	cm	17.4	17.5	17.5
		Volumen del molde	cm ³	3033.97	3133.88	3092.51
SUELTO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
	Peso del molde		gr.	7086	7435	7454
	Peso de la muestra + Molde		gr.	11592	12090	12089
	Peso de la muestra		gr.	4506	4655	4635
	Volumen del molde		cm ³	3033.97	3133.88	3092.51
	Peso Unitario Suelto		gr/cm ³	1.485	1.485	1.499
Peso Unitario Suelto Promedio		gr/cm ³	1.490			
COMPACTADO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
	Peso del molde		gr.	7086	7435	7454
	Peso de la muestra + Molde		gr.	13299	13307	13336
	Peso de la muestra		gr.	6213	5872	5882
	Volumen del molde		cm ³	3033.97	3133.88	3092.51
	Peso Unitario Suelto		gr/cm ³	2.048	1.874	1.902
Peso Unitario Compactado Promedio		gr/cm ³	1.941			

c) Análisis de la prueba

El Peso Unitario Suelto Promedio obtenido es de 1.490 gr/m³, mientras que el Peso Unitario Compactado Promedio es de 1.941 gr/m³.

3.6.6.2 Del agregado Grueso

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para determinar el volumen del molde se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Volumen del molde} = \frac{\pi}{4} * \text{diametro}^2 * \text{altura}$$

Para determinar el peso unitario suelto y compactado se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Peso Unitario} \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del Molde}}$$

Para determinar el Peso unitario promedio suelto y compactado se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Promedio de Peso Unitario} \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\sum(\text{Peso Unitario})}{\# \text{ Muestras}}$$



b) Diagrama o/y tablas

Figura 178.

Análisis de datos del peso unitario del Agregado Grueso.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																								
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																								
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																								
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.017:2011)																										
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																								
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																								
FECHA:		18/10/2022																								
CANTERA:		VICHO																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>UNIDAD</th> <th>ENSAYO 1</th> <th>ENSAYO 2</th> <th>ENSAYO 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diametro del envase</td> <td>cm</td> <td>14.9</td> <td>15.1</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Altura del envase</td> <td>cm</td> <td>17.4</td> <td>17.5</td> <td>17.5</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde</td> <td>cm3</td> <td>3033.97</td> <td>3133.88</td> <td>3092.51</td> </tr> </tbody> </table>				DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Diametro del envase	cm	14.9	15.1	15	Altura del envase	cm	17.4	17.5	17.5	Volumen del molde	cm3	3033.97	3133.88	3092.51	
DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																						
Diametro del envase	cm	14.9	15.1	15																						
Altura del envase	cm	17.4	17.5	17.5																						
Volumen del molde	cm3	3033.97	3133.88	3092.51																						
SUELTO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																				
	Peso del molde		gr.	7086	7435	7454																				
	Peso de la muestra + Molde		gr.	11601	12044	12007																				
	Peso de la muestra		gr.	4515	4609	4553																				
	Volumen del molde		cm3	3033.97	3133.88	3092.51																				
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3	1.488	1.471	1.472																				
Peso Unitario Suelto Promedio		gr/cm3	1.477																							
COMPACTADO	DESCRIPCION		UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3																				
	Peso del molde		gr.	7086	7435	7454																				
	Peso de la muestra + Molde		gr.	11905	12391	12382																				
	Peso de la muestra		gr.	4819	4956	4928																				
	Volumen del molde		cm3	3033.97	3133.88	3092.51																				
	Peso Unitario Suelto		gr/cm3	1.588	1.581	1.594																				
Peso Unitario Compactado Promedio		gr/cm3	1.588																							

c) Análisis de la prueba

El Peso Unitario Suelto Promedio obtenido es de 1.477 gr/m³, mientras que el Peso Unitario Compactado Promedio es de 1.588 gr/m³.

3.6.7 Diseño de mezcla ACI comité 211 – Concreto 280 kg/cm²

3.6.7.1 Especificaciones

- Tipo de Cemento Portland: Cemento Yura IP
- Resistencia Proyectada f'c: 280 kg/cm²
- Asentamiento: 3 pulg
- Agua: Potable suministrada de EPS Seda Cusco
- Agregado grueso: Piedra chancada de la cantera de Vicho
- Agregado fino: Arena gruesa de la cantera de Combapata

Resumen de características físicas:



Tabla 18.

Resumen de características físicas de los agregados y cemento.

Características	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Unidad
P. Especifico	2850	2434.03	2630.65	Kg/m ³
P.U. Seco Suelto	1500	1489.78	1477.04	Kg/m ³
P.U. Seco Compactado	-----	1941.18	1587.77	Kg/m ³
Módulo de fineza	-----	2.92	-----	-----
TMN	-----	-----	1"	-----
Cont. Humedad	-----	6.8	0.01	%
% de Absorción	-----	3.89	0.48	%

3.6.7.2 Pasos del diseño de mezcla

3.6.7.2.1 Determinación de la resistencia promedio

Cuando no se tiene registro de resultados de resistencia a la compresión de probetas anteriores, la f'_{cr} se determinara empleando los valores de la **Tabla 19**, donde el valor de $f'_{c} = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 19.

Cálculo del f'_{cr} sin registro de probetas anteriores

f'_{c} Especifico	f'_{cr} (kg/cm ²)
$f'_{c} < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_{c} + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_{c} \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_{c} + 84 \text{ kg/cm}^2$
$350 \text{ kg/cm}^2 < f'_{c}$	$f'_{cr} = f'_{c} + 98 \text{ kg/cm}^2$

Nota. Tomado de (ACI-211, 2012)

Por lo tanto la resistencia a la compresión requerida será: $f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$

3.6.7.2.2 Calculo del contenido de aire atrapado

Para determinar el contenido de aire atrapado se necesita el tamaño máximo nominal del agregado grueso, para lo cual se empleó la siguiente tabla.

Tabla 20.

Contenido de aire atrapado

TMN del agregado grueso	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6 "	0.2

Nota. Tomado de (ACI-211, 2012)



Por lo tanto, el contenido de aire atrapado es 1.5%.

3.6.7.2.3 Contenido de Agua

Para determinar la cantidad de agua, se empleó la siguiente tabla.

Tabla 21.

Contenido de agua

Slump	TMN							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6 "
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
5" a mas	240	230	210	205	185	180	170	----

Nota. Tomado de (ACI-211, 2012)

Por lo tanto, el contenido de agua es 195 Lts.

3.6.7.2.4 Relación agua/cemento (a/c)

Para determinar la relación agua/cemento, se empleó la siguiente tabla, siendo la resistencia a la compresión promedio requerido de 364 kg/cm² en un concreto sin aire incorporado, la relación agua/ cemento se encuentra interpolando los valores de la tabla.

Tabla 22.

Relación agua/cemento

f'c (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	concretos sin aire incorporado	concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Nota. Tomado de (ACI-211, 2012)

Interpolación de valores de la tabla hallar a/c:

$$\frac{400 - 364}{0.43 - a/c} = \frac{400 - 350}{0.43 - 0.48}$$

Despejamos a/c, obtenemos:

$$\text{Relación agua/ cemento (a/c)} = 0.47$$

3.6.7.2.5 Cantidad de cemento

Se termina la cantidad de cemento mediante la siguiente formula:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Relación a/c}}$$



$$\text{Cemento} = \frac{195}{0.47} = 414.89 \text{ kg/m}^3$$

3.6.7.2.6 Cálculo de peso de agregado grueso

Para determinar el peso del agregado grueso requerido por la unidad cubica del concreto se utiliza la siguiente tabla, elaborada por el comité 211 del ACI es función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino, Ella permite obtener un coeficiente b/b_0 resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por unidad cubica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, expresado en kg/m^3 .

Para lo cual tenemos un módulo de fineza del agregado fino igual a 2.92 y tamaño máximo nominal del agregado grueso igual a 1”.

Tabla 23.

Volumen del agregado grueso

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de Volumen del concreto para diversos módulos de fineza del agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3.0
	3/8"	0.5	0.48	0.46
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Tomado de (ACI-211, 2012)

Interpolando tenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{2.92 - 3.00}{2.80 - 3.00} = \frac{\left(\frac{b}{b_0}\right) - 0.65}{0.67 - 0.65}$$

$$\frac{b}{b_0} = 0.658$$

Donde:

- b = Peso unitario requerido por la unidad cubica del concreto.
- b_0 = Peso unitario compactado = 1587.77 kg/m^3



Se reemplaza en la ecuación, el valor de b_o para despejar el valor de b :

$$b = 1044.96 \text{ kg/m}^3$$

3.6.7.2.7 Calculo de los volúmenes absolutos

Conocidos los pesos de cemento, agua, agregados y volumen de aire, se empleó la siguiente ecuación:

$$V_{mat} = \frac{p. u.}{p. e.}$$

Donde:

- V_{mat} : Volumen del material.
- $p. u.$: Peso unitario del material.
- $p. e.$: Peso específico del material.

Se reemplaza los valores en la ecuación despejando los valores conocidos $p. u.$ y $p. e.$

- $V. \text{Cemento} = 414.89 / 2850 = 0.146 \text{ m}^3$
- $V. \text{Agua} = 195 / 1000 = 0.195 \text{ m}^3$
- $V. \text{del Aire} = 1.5 / 100 = 0.015 \text{ m}^3$
- $V. \text{del Agregado Grueso} = 1044.96 / 2630.65 = 0.397 \text{ m}^3$

3.6.7.2.8 Calculo del peso del agregado fino

El volumen absoluto del agregado fino se calculará con la siguiente ecuación, siendo esta la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos:

$$V_{af} = 1 - \sum vac$$

Donde:

- V_{af} : Volumen del agregado fino.
- $\sum vac$: Suma de los volúmenes absolutos conocidos.

$$V_{af} = 1 - 0.753$$

El volumen absoluto del Agregado fino (V_{af}) es 0.247 m³

Para calcular el peso del agregado fino, se utilizó la siguiente ecuación:

$$p. u. = p. e. \times V_{af}$$

Donde:

- V_{af} : Volumen del agregado fino.
- $p. u.$: Peso unitario del material.
- $p. e.$: Peso específico del material. = 2434.03 kg/m³

Se reemplazaron los valores de V_{af} y $p. e.$ obteniendo:



$$p.u. = 601.21 \text{ kg/m}^3$$

3.6.7.2.9 Valores de diseño

Estos valores son resultados de los cálculos obtenidos en base al método ACI (American Concrete Institute)

Tabla 24.

Peso de los materiales por m³ de concreto

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	414.89	kg/m ³
Agregado Fino	601.21	kg/ m ³
Agregado Grueso	1044.96	kg/m ³
Agua	195.00	Lts/m ³

3.6.7.2.10 Corrección por humedad del agregado

Los materiales que integran la unidad cubica del concreto deberán ser corregidos en función de las condiciones de humedad de los agregados, para la corrección por humedad del agregado se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Peso corregido} = \text{Peso seco} \times ((w\% / 100) + 1)$$

Donde:

- $w\%$: Porcentaje de humedad del agregado.

Se reemplazó en la ecuación los valores de peso seco y porcentaje de humedad del agregado $w\%$ para obtener el peso corregido del agregado fino:

$$\text{Peso corregido} = 601.21 \times ((6.8\% / 100) + 1)$$

$$\text{Peso corregido} = 642.09 \text{ kg/m}^3$$

Se reemplazó en la ecuación los valores de peso seco y porcentaje de humedad del agregado $w\%$ para obtener el peso corregido del agregado grueso:

$$\text{Peso corregido} = 1044.96 \times ((0.01\% / 100) + 1)$$

$$\text{Peso corregido} = 1045.06 \text{ kg/m}^3$$

3.6.7.2.11 Aporte de agua de los agregados a la mezcla

Se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Aporte de agua del agregado} = (w\% - abs\%) \times \text{peso seco} / 100$$

Donde:

- $w\%$: Porcentaje de humedad del agregado.
- $abs\%$: Porcentaje de absorción del agregado.

Se reemplazó en la ecuación para obtener el aporte de agua de agregado fino:



$$\text{Aporte de agua del agregado fino} = (6.8\% - 3.89\%) \times \frac{642.09}{100} = 18.68 \text{ Lts.}$$

Se reemplazó en la ecuación para obtener el aporte de agua de agregado grueso:

$$\text{Aporte de agua del agregado grueso} = (0.01\% - 0.48\%) \times \frac{1045.06}{100} = -4.91 \text{ Lts.}$$

Por lo tanto, el aporte de agua a la mezcla será de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = \Sigma \text{de aporte de agua del agregado}$$

Se reemplazó los datos en la ecuación, obteniendo:

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = 18.68 + (-4.91)$$

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = 13.77 \text{ Lts.}$$

3.6.7.2.12 Agua efectiva

Es el valor a ser empleado en la mezcla de prueba y se calcula en base a la ecuación:

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - \text{aporte de agua a la mezcla}$$

Remplazando los datos en la ecuación, obtenemos:

$$\text{Agua efectiva} = 195 - 13.77$$

$$\text{Agua efectiva} = 181.23 \text{ Lts.}$$

3.6.7.2.13 Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado

Luego de haber efectuado la corrección por humedad de los agregados se tiene los siguientes valores:

Tabla 25.

Peso de los materiales corregidos por humedad por m³ de concreto

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	414.89	kg/m ³
Agregado Fino	642.09	kg/ m ³
Agregado Grueso	1045.06	kg/m ³
Agua	181.23	Lts/m ³

3.6.7.2.14 Dosificación óptima considerando el porcentaje de desperdicio

Tabla 26.

Dosificación óptima por m³ de concreto más 13% Desperdicio

Material	Cantidad Óptima	Unidad
Cemento	468.83	kg/m ³
Agregado Fino	725.56	kg/ m ³
Agregado Grueso	1180.92	kg/m ³
Agua	204.79	Lts/m ³

3.6.7.2.15 Dosificaciones finales

Tabla 27.

Dosificación óptima por kg de cemento y por tanda de bolsa

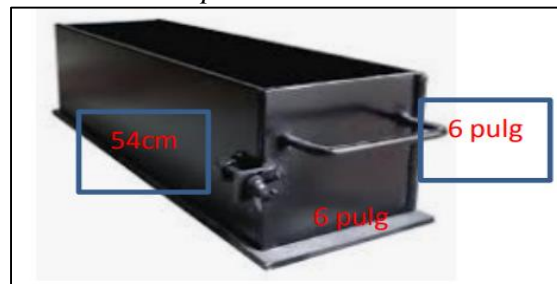
Material	Proporción en peso (kg) del cemento		Proporción por tanda de bolsa de cemento	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Cemento	1.00	kg	42.50	kg
Agregado Fino	1.55	kg	65.77	kg
Agregado Grueso	2.52	kg	107.05	kg
Agua	0.44	Lts	18.56	Lts

3.6.7.3 Cálculos para la distribución de fibras por tanda

3.6.7.3.1 Calculo del volumen de probeta de sección prismática

Figura 179.

Dimensiones de una probeta de sección prismática.



Nota. Proporcionado por (ASET INGENIERÍA S.R.L.2022).

Se calculó el volumen, mediante la siguiente formula:

$$Vol(vig.) = ancho \times altura \times longitud$$

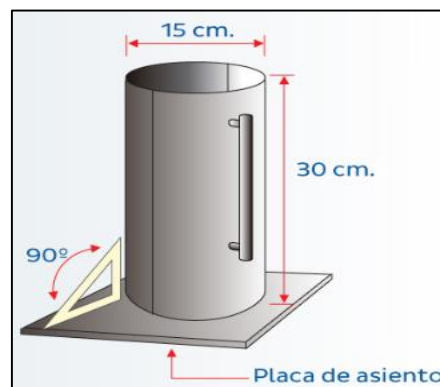
$$Vol(vig.) = 0.15m \times 0.15m \times 0.54m$$

$$Vol(vig.) = 0.01215 m^3$$

3.6.7.3.2 Calculo del volumen de la briquetera

Figura 180.

Dimensiones de una briqueta



Nota. Tomado de (Aceros Arequipa, 2022).



Se calculó el volumen, mediante la siguiente formula:

$$Vol(briq.) = \pi x \left(\frac{D}{2}\right)^2 x h$$

$$Vol(briq.) = \pi x \left(\frac{0.15}{2}\right)^2 x 0.30$$

$$Vol(briq.) = 0.005301 m^3$$

3.6.7.3.3 Distribución de muestras por tanda de adición de fibras y concreto patrón.

Tabla 28.

Distribución de muestras por tanda

	Probetas prismáticas	Probetas cilíndricas
Patrón	6 unidades	12 unidades
Fibra 20 kg/m ³	6 unidades	12 unidades
Fibra 35 kg/m ³	6 unidades	12 unidades
Fibra 50 kg/m ³	6 unidades	12 unidades
Total	24 unidades	48 unidades

3.6.7.3.4 Calculo de volumen total por una tanda de Vaciado

$$Vol\ total = Vol(vig.) + Vol(briq.)$$

$$Vol\ total = 6 (0.01215) m^3 + 12(0.005301) m^3$$

$$Vol\ total = 0.136517 m^3$$

3.6.7.3.5 Calculo de volumen total por una tanda de Vaciado más 5% Desperdicio

$$Vol\ total = 0.143343 m^3$$

3.6.7.3.6 Dosificación por tanda del concreto patrón y el concreto adicionado con fibras metálicas.

De acuerdo a la distribución de las muestras por tanda se aprecia que las unidades de probetas prismáticas y probetas cilíndricas son iguales por ende el volumen total por tanda será el mismo.

Para el concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF1, se tendrá las siguientes dosificaciones, en adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas.



Tabla 29.

Dosificación por tanda - concreto patrón - concreto adicionado con fibras.

Material	Diseño optimo por 1m3		Dosificación por TANDA							
			Tanda 1		Tanda 2		Tanda 3		Tanda 4	
Cemento	468.83	kg/m3	67.20	kg	67.20	kg	67.20	kg	67.20	kg
Agregado Fino	725.56	kg/ m3	104.00	kg	104.00	kg	104.00	kg	104.00	kg
Agregado Grueso	1180.92	kg/m3	169.28	kg	169.28	kg	169.28	kg	169.28	kg
Agua	204.79	Lts/m3	29.36	Lts	29.36	Lts	29.36	Lts	29.36	Lts
Fibras de acero	20.00	kg/m3	-----	kg	2.87	kg	-----	kg	-----	kg
Fibras de acero	35.00	kg/m3	-----	kg	-----	kg	5.02	kg	-----	kg
Fibras de acero	50.00	kg/m3	-----	kg	-----	kg	-----	kg	7.17	kg

3.6.8 Ensayo de Consistencia

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Las medidas registradas del revenimiento al momento de realizar el ensayo de consistencia del concreto en estado fresco, fueron en centímetros y posterior a ello se realizó la conversión a pulgadas.

$$\text{Revenimiento (pulg.)} = \frac{\text{Revenimiento (cm)}}{2.54}$$

b) Diagrama o/y tablas

Figura 181.

Revenimiento del concreto en estado fresco.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
ENSAYO DE CONSISTENCIA (NTP 339.035:2015)						
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA					
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN					
FECHA:	06/11/2022					
REVENIMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO						
TIPO DE CONCRETO	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	PROMEDIO		
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(pulg.)	
Concreto sin refuerzo	8.70	7.70	8.30	8.23	3.24	
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m3	7.90	7.60	7.60	7.70	3.03	
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m3	7.76	7.06	6.86	7.23	2.85	
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m3	7.63	6.14	5.61	6.46	2.54	



c) Análisis de la prueba

La consistencia para el concreto sin refuerzo es de 3.24”, para el concreto fibroreforzado con 20 kg/m³ es 3.03”, para el concreto fibroreforzado con 35 kg/m³ es 2.85” y para el concreto fibroreforzado con 50 kg/m³ es 2.54”. Por ende, la tendencia del revenimiento para las 2 primeras dosificaciones de concreto indica una consistencia plástica (3” a 4”) y las 2 últimas se encuentran en transición de una consistencia seca-plástica.

3.6.9 Ensayo de Resistencia a Compresión

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para determinar la resistencia a compresión del concreto, se ha obtenido el diámetro promedio superior e inferior de la probeta cilíndrica para calcular el área.

Para determinar la resistencia a la compresión, se utilizó la siguiente formula:

$$f'c = \frac{P}{\pi * \frac{d^2}{4}}$$

Donde:

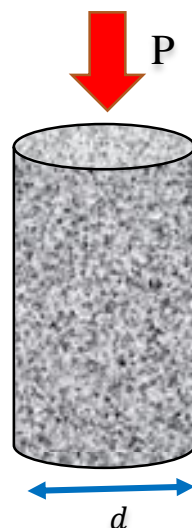
$f'c$: Resistencia a la compresión en kg/cm²

P : Carga máxima aplicada en kg

d : Diámetro de la briqueta en cm

Figura 182.

Vista General de una probeta cilíndrica sometida a ensayo de compresión





b) Diagrama o/y tablas

Figura 183.

Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto patrón.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA												
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN												
MUESTRA:	BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO												
FECHA:	13/11/2022												
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	06/11/2022	13/11/2022	7	11.866	15.20	14.90	15.05	15.16	15.00	15.08	178.25	38326.85	215.02
2	06/11/2022	13/11/2022	7	11.721	15.20	14.80	15.00	15.14	14.80	14.97	176.36	34915.95	197.98
3	06/11/2022	13/11/2022	7	11.674	15.40	14.64	15.02	14.80	15.50	15.15	178.72	35752.88	200.05
											PROMEDIO	204.35	
											DESV. ESTANDAR (σ)	9.30	
											COEF. DE VARIACION (%)	4.55	



Figura 184.

Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO											
FECHA:		15/11/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F´C= CARGA / AREA (kg/cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	08/11/2022	15/11/2022	7	12.149	14.80	15.00	14.90	15.20	14.87	15.04	175.95	36524.2	207.58
2	08/11/2022	15/11/2022	7	12.442	15.20	14.80	15.00	15.15	15.00	15.08	177.60	39676.14	223.40
3	08/11/2022	15/11/2022	7	12.209	14.50	15.50	15.00	15.30	14.50	14.90	175.54	38527.94	219.48
PROMEDIO												216.82	
DESV. ESTANDAR (σ)												8.24	
COEF. DE VARIACION (%)												3.80	



Figura 185.

Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.


		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO											
FECHA:		17/11/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	10/11/2022	17/11/2022	7	11.915	15.00	15.40	15.20	14.80	15.40	15.10	180.27	52558.21	291.56
2	10/11/2022	17/11/2022	7	12.089	15.00	15.40	15.20	15.00	15.20	15.10	180.27	48584.38	269.51
3	10/11/2022	17/11/2022	7	11.972	14.90	15.30	15.10	15.10	15.20	15.15	179.67	48086.76	267.64
											PROMEDIO	276.24	
											DESV. ESTANDAR (σ)	13.30	
											COEF. DE VARIACION (%)	4.82	



Figura 186.

Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO											
FECHA:		19/11/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	12/11/2022	19/11/2022	7	11.915	14.80	15.20	15.00	15.10	14.90	15.00	176.71	60316.21	341.32
2	12/11/2022	19/11/2022	7	12.089	15.55	14.50	15.03	14.30	15.40	14.85	175.25	57491.6	328.06
3	12/11/2022	19/11/2022	7	11.972	15.50	14.80	15.15	15.40	14.70	15.05	179.08	58205.4	325.03
PROMEDIO												331.47	
DESV. ESTANDAR (σ)												8.66	
COEF. DE VARIACION (%)												2.61	



Figura 187.

Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto patrón.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		04/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	06/11/2022	04/12/2022	28	11.520	15.50	14.20	14.85	14.30	15.60	14.95	174.37	52344.89	300.20
2	06/11/2022	04/12/2022	28	11.398	14.90	15.00	14.95	15.10	15.30	15.20	178.49	52864.13	296.18
3	06/11/2022	04/12/2022	28	11.439	14.90	14.90	14.90	14.80	15.30	15.05	176.13	50894.04	288.96
												PROMEDIO	295.12
												DESV. ESTANDAR (σ)	5.69
												COEF. DE VARIACION (%)	1.93



Figura 188.

Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		06/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	08/11/2022	06/12/2022	28	11.674	15.10	15.00	15.05	15.20	15.00	15.10	178.49	59450.47	333.08
2	08/11/2022	06/12/2022	28	11.886	14.80	15.00	14.90	15.20	15.00	15.10	176.71	63127.57	357.23
3	08/11/2022	06/12/2022	28	11.704	15.30	15.00	15.15	15.00	15.10	15.05	179.08	61437.9	343.08
												PROMEDIO	344.46
												DESV. ESTANDAR (σ)	12.13
												COEF. DE VARIACION (%)	3.52



Figura 189.

Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.





		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		08/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F´C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	10/11/2022	08/12/2022	28	12.053	15.20	15.00	15.10	15.20	15.40	15.30	181.46	71879.8	396.12
2	10/11/2022	08/12/2022	28	12.133	15.50	14.70	15.10	15.50	14.90	15.20	180.27	71125.21	394.56
3	10/11/2022	08/12/2022	28	11.824	15.10	15.00	15.05	15.30	15.20	15.25	180.27	72155.12	400.27
												PROMEDIO	396.98
												DESV. ESTANDAR (σ)	2.95
												COEF. DE VARIACION (%)	0.74



Figura 190.

Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)													
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN											
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO											
FECHA:		10/12/2022											
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)													
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES						AREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C= CARGA / AREA (kg/ cm ²)
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)			
1	12/11/2022	10/12/2022	28	12.205	15.30	14.60	14.95	15.40	14.80	15.10	177.30	72453.9	408.64
2	12/11/2022	10/12/2022	28	12.380	15.60	14.50	15.05	15.50	14.50	15.00	177.30	79354.32	447.56
3	12/11/2022	10/12/2022	28	12.600	15.20	15.00	15.10	15.30	15.10	15.20	180.27	75153.08	416.90
												PROMEDIO	424.37
												DESV. ESTANDAR (σ)	20.51
												COEF. DE VARIACION (%)	4.83



3.6.10 Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para poder determinar la resistencia a tracción indirecta del concreto, primeramente se ha obtenido el diámetro promedio superior e inferior para luego utilizar el promedio del diámetro; la altura y la carga aplicada hasta llegar al punto de ruptura. Para calcular el valor de la resistencia a la tracción indirecta se empleó la siguiente fórmula:

$$T = \frac{P}{\frac{\pi}{2} * H * \phi}$$

Donde:

T : Resistencia a la tracción indirecta en kg/cm²

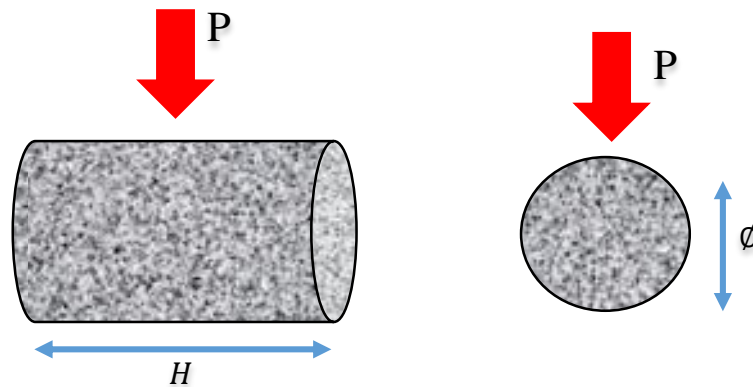
P : Carga máxima aplicada en kg

H : Longitud de la briqueta en cm

ϕ : Diámetro de la briqueta en cm

Figura 191.

Vistas Generales una probeta cilíndrica sometida al ensayo de tracción indirecta





b) Diagrama o/y tablas

Figura 192.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto patrón.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																	
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO															
FECHA:		13/11/2022															
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	06/11/2022	13/11/2022	7	11.706	14.90	15.16	15.03	15.40	14.50	14.95	29.90	29.80	29.85	702.86	13923.33	19.81	
2	06/11/2022	13/11/2022	7	11.886	14.80	15.10	14.95	15.20	15.00	15.10	30.00	30.00	30.00	708.04	15112.19	21.34	
3	06/11/2022	13/11/2022	7	11.706	14.80	15.30	15.05	15.00	15.40	15.20	29.80	29.90	29.85	709.19	13890.98	19.59	
															PROMEDIO		20.25
															DESV. ESTANDAR (σ)		0.96
															COEF. DE VARIACION (%)		4.72



Figura 193.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																	
TESISTA:	GWREN DARLYNI TACO HERRERA																
UBICACIÓN:	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																
MUESTRA:	BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO																
FECHA:	15/11/2022																
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	08/11/2022	15/11/2022	7	12.125	15.40	14.90	15.15	14.90	15.10	15.00	30.00	30.00	30.00	710.39	14590.1	20.54	
2	08/11/2022	15/11/2022	7	12.102	15.20	15.00	15.10	15.10	15.10	15.10	29.90	30.00	29.95	710.38	16027.9	22.56	
3	08/11/2022	15/11/2022	7	11.987	15.50	14.85	15.18	14.60	15.00	14.80	29.85	29.90	29.88	703.33	15492.55	22.03	
															PROMEDIO		21.71
															DESV. ESTANDAR (σ)		1.05
															COEF. DE VARIACION (%)		4.83



Figura 194.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																	
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO															
FECHA:		17/11/2022															
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	10/11/2022	17/11/2022	7	12.560	15.00	15.10	15.05	15.10	15.30	15.30	15.30	30.00	30.15	30.08	716.89	18496.63	25.80
2	10/11/2022	17/11/2022	7	12.720	15.10	15.00	15.05	15.30	15.10	15.10	15.10	30.00	29.90	29.95	709.21	18303.91	25.81
3	10/11/2022	17/11/2022	7	12.485	14.90	15.30	15.10	15.20	15.40	15.30	15.30	30.00	30.00	30.00	716.28	16978.27	23.70
																PROMEDIO	25.10
																DESV. ESTANDAR (σ)	1.21
																COEF. DE VARIACION (%)	4.83



Figura 195.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																	
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO															
FECHA:		19/11/2022															
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	12/11/2022	19/11/2022	7	12.313	15.05	14.80	14.93	15.20	15.00	15.10	29.80	30.00	29.90	705.09	17692.08	25.09	
2	12/11/2022	19/11/2022	7	11.657	14.90	15.30	15.10	15.10	15.00	15.05	29.80	30.00	29.90	708.02	18987.12	26.82	
3	12/11/2022	19/11/2022	7	12.209	15.10	14.99	15.05	15.10	15.02	15.06	30.00	30.00	30.00	709.33	19629.54	27.67	
															PROMEDIO		26.53
															DESV. ESTANDAR (σ)		1.31
															COEF. DE VARIACION (%)		4.96



Figura 196.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto patrón.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																	
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																	
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO															
FECHA:		04/12/2022															
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO PATRÓN																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	06/11/2022	04/12/2022	28	11.436	15.00	15.10	15.05	14.90	15.10	15.00	30.00	29.80	29.90	705.68	19106.63	27.08	
2	06/11/2022	04/12/2022	28	11.412	14.80	14.90	14.85	15.10	15.20	15.15	29.90	30.00	29.95	705.68	18450.83	26.15	
3	06/11/2022	04/12/2022	28	11.630	15.10	14.90	15.00	15.20	15.00	15.10	30.00	30.05	30.03	709.81	17410.84	24.53	
															PROMEDIO		25.92
															DESV. ESTANDAR (σ)		1.29
															COEF. DE VARIACION (%)		4.97



Figura 197.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																	
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO															
FECHA:		06/12/2022															
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	08/11/2022	06/12/2022	28	11.681	15.40	14.50	14.95	14.80	15.30	15.05	30.00	30.00	30.00	706.86	20140.41	28.49	
2	08/11/2022	06/12/2022	28	11.783	14.30	15.50	14.90	14.50	15.30	14.90	30.00	29.80	29.90	699.81	19272.64	27.54	
3	08/11/2022	06/12/2022	28	11.904	14.85	15.10	14.98	15.00	15.20	15.10	30.00	30.10	30.05	709.81	18405.88	25.93	
															PROMEDIO		27.32
															DESV. ESTANDAR (σ)		1.29
															COEF. DE VARIACION (%)		4.74



Figura 198.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA															
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																	
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA															
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN															
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO															
FECHA:		08/12/2022															
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)																	
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm2)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm2)	
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)				
1	10/11/2022	08/12/2022	28	12.232	15.30	15.20	15.25	15.30	15.20	15.25	30.00	30.20	30.10	721.03	22048.3	30.58	
2	10/11/2022	08/12/2022	28	11.927	15.20	15.10	15.15	15.30	15.00	15.15	30.00	30.00	30.00	713.93	22678.49	31.77	
3	10/11/2022	08/12/2022	28	11.809	15.20	14.90	15.05	15.10	15.30	15.20	30.00	29.95	29.98	712.15	24024.51	33.73	
															PROMEDIO		32.03
															DESV. ESTANDAR (σ)		1.59
															COEF. DE VARIACION (%)		4.98



Figura 199.

Ensayo de Tracción Indirecta a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																
											ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2012)																		
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																
MUESTRA:		BRIQUETAS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO																
FECHA:		10/12/2022																
ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																		
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES									AREA (cm ²)	CARGA (kg)	T= CARGA / AREA (kg/ cm ²)		
	VACIADO	ROTURA			Ø SUP1 (cm)	Ø SUP2 (cm)	Ø SUP (cm)	Ø INF 1 (cm)	Ø INF 2 (cm)	Ø INF (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)					
1	12/11/2022	10/12/2022	28	12.221	15.40	14.50	14.95	15.50	14.60	15.05	30.00	29.85	29.93	705.09	25173.73	35.70		
2	12/11/2022	10/12/2022	28	12.096	15.30	15.10	15.20	15.40	15.00	15.20	30.20	30.00	30.10	718.67	25996.65	36.17		
3	12/11/2022	10/12/2022	28	12.246	15.40	14.50	14.95	15.50	14.60	15.05	30.00	29.90	29.95	705.68	23313.77	33.04		
															PROMEDIO		34.97	
															DESV. ESTANDAR (σ)		1.69	
															COEF. DE VARIACION (%)		4.84	

3.6.11 Ensayo de Resistencia a la Flexión

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Para determinar la resistencia a la flexión, se ha obtenido la longitud, el ancho y la altura de las caras de las probetas prismáticas.

Para determinar el módulo de rotura se utilizó la siguiente formula:

$$R = \frac{P \times L}{a \times h^2}$$

Donde:

R : Módulo de rotura (kPa)

P : Carga máxima aplicada por la máquina de ensayo (KN)

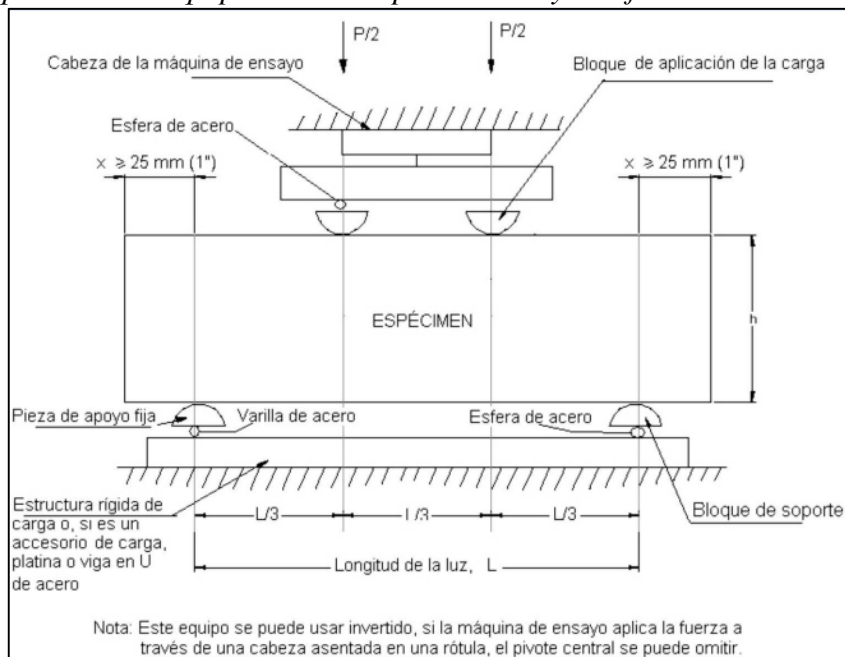
L : Longitud libre entre apoyos (m)

a : Ancho promedio de la muestra (m)

h : Altura promedio de la muestra (m)

Figura 200.

Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto



Nota. Tomado de (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).



b) Diagrama o/y tablas

Figura 201.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto patrón.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA (R) (kg/cm ²)						
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)					ALTURA (cm)					
						UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																							
						FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																							
						ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																							
						ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION (NTP 339.078:2012)																							
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																											
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																											
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO																											
FECHA:		13/11/2022																											
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO PATRÓN																													
1		06/11/2022	13/11/2022	7	27.350	53.60	53.60	53.50	53.60	53.58	15.00	15.00	14.90	15.00	14.98	15.30	15.30	14.80	15.00	15.10	22.09	3466.71	3.47	35.34					
2		06/11/2022	13/11/2022	7	26.630	54.00	53.80	53.80	53.80	53.85	14.80	15.00	15.00	15.00	14.95	15.00	15.00	14.90	15.20	15.03	22.34	3564.18	3.56	36.33					
3		06/11/2022	13/11/2022	7	27.093	54.00	54.00	53.80	53.80	53.90	15.20	15.00	15.20	15.00	15.10	14.90	15.30	15.00	15.20	15.10	22.75	3561.55	3.56	36.31					
																						PROMEDIO				3.53		35.99	
																						DESV. ESTANDAR (σ)				0.06		0.56	
																						COEF. DE VARIACION (%)				1.57		1.56	



Figura 202.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																						
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																						
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																						
		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION (NTP 339.078:2012)																						
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																						
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																						
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO																						
FECHA:		15/11/2022																						
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)																								
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES															CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA ® kPa	MODULO DE ROTURA ® MPa	MODULO DE ROTURA (R) (kg/ cm2)	
	VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	ALTURA					
1	08/11/2022	15/11/2022	7	28.590	54.00	53.80	53.90	54.00	53.93	15.10	15.00	15.20	15.00	15.08	15.30	15.40	15.00	15.00	15.18	27.38	4253.13	4.25	43.36	
2	08/11/2022	15/11/2022	7	28.195	54.00	54.00	54.00	53.90	53.98	15.00	15.40	15.00	15.00	15.10	15.20	15.00	14.90	15.00	15.03	25.28	4002.80	4.00	40.80	
3	08/11/2022	15/11/2022	7	28.314	54.20	53.90	54.00	54.00	54.03	15.00	14.90	15.00	15.00	14.98	15.20	15.30	15.00	15.00	15.13	27.70	4368.35	4.37	44.53	
																					PROMEDIO		4.21	42.90
																					DESV. ESTANDAR (σ)		0.19	1.91



Figura 203.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA (R) (kg/cm ²)
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)				
						RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)																	
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																					
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																					
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO																					
FECHA:		17/11/2022																					
1	10/11/2022	17/11/2022	7	29.01	53.70	53.80	54.00	53.80	53.83	15.00	15.00	15.20	15.00	15.05	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	32.22	5121.42	5.12	52.21
2	10/11/2022	17/11/2022	7	30.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	15.80	16.50	15.20	15.00	15.63	15.30	15.50	15.40	15.00	15.30	33.90	5004.84	5.00	51.02
3	10/11/2022	17/11/2022	7	29.04	53.90	54.20	54.00	54.00	54.03	15.00	15.00	15.30	15.00	15.08	15.10	15.50	15.00	15.00	15.15	35.20	5496.10	5.50	56.03
																					PROMEDIO	5.21	53.09
																					DESV. ESTANDAR (σ)	0.26	2.62
																					COEF. DE VARIACION (%)	4.93	4.93



Figura 204.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 7 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																					
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																					
		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION (NTP 339.078:2012)																					
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																					
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																					
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 7 DIAS DE CURADO																					
FECHA:		19/11/2022																					
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																							
BRIQUETA	FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES															CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA ® kPa	MODULO DE ROTURA ® MPa	MODULO DE ROTURA (R) (kg/cm ²)
	VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	ALTURA				
1	12/11/2022	19/11/2022	7	29.01	53.70	53.80	54.00	53.80	53.83	15.00	15.00	15.20	15.00	15.05	15.00	15.00	15.00	15.00	35.05	5571.26	5.57	56.79	
2	12/11/2022	19/11/2022	7	30.20	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	15.80	16.50	15.20	15.00	15.63	15.30	15.50	15.40	15.00	15.30	36.58	5400.51	5.40	55.05
3	12/11/2022	19/11/2022	7	29.04	53.90	54.20	54.00	54.00	54.03	15.00	15.00	15.30	15.00	15.08	15.10	15.50	15.00	15.00	15.15	35.65	5566.37	5.57	56.74
																				PROMEDIO		5.51	56.19
																				DESV. ESTANDAR (σ)		0.10	0.99
																				COEF. DE VARIACION (%)		1.76	1.76



Figura 205.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto patrón.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA(R) (kg/cm ²)
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)				
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO PATRÓN																							
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																					
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																					
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO																					
FECHA:		04/12/2022																					
1	06/11/2022	04/12/2022	28	27.260	53.60	54.00	54.00	53.60	53.80	15.00	15.00	14.90	15.00	14.98	15.20	15.00	14.80	15.00	24.05	3839.83	3.84	39.14	
2	06/11/2022	04/12/2022	28	26.630	54.00	53.80	53.80	53.70	53.83	15.00	14.90	15.00	15.00	14.98	15.00	15.20	14.90	15.20	23.36	3693.88	3.69	37.65	
3	06/11/2022	04/12/2022	28	27.093	54.00	54.00	53.80	53.80	53.90	15.20	15.00	15.20	15.00	15.10	14.90	15.30	15.00	15.20	25.90	4054.69	4.05	41.33	
																				PROMEDIO		3.86	39.37
																				DESV. ESTANDAR (σ)		0.18	1.85
																				COEF. DE VARIACION (%)		4.70	4.70



Figura 206.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA(R) (kg/cm ²)					
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)					ALTURA (cm)				
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (20 KG/M3)																												
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																										
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																										
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO																										
FECHA:		06/12/2022																										
1		08/11/2022	06/12/2022	28	27.290	53.70	53.50	53.80	54.00	53.75	15.00	14.90	15.40	15.50	15.20	15.20	15.00	15.00	15.05	33.26	5191.89	5.19	52.92					
2		08/11/2022	06/12/2022	28	27.575	53.60	53.80	53.70	53.90	53.75	15.20	15.10	15.40	15.00	15.18	15.50	15.20	15.30	15.00	15.25	34.98	5327.58	5.33	54.31				
3		08/11/2022	06/12/2022	28	27.852	54.00	53.70	53.80	54.00	53.88	15.20	15.30	15.40	15.00	15.23	15.50	15.10	15.00	15.18	36.92	5673.28	5.67	57.83					
																					PROMEDIO				5.40		55.02	
																					DESV. ESTANDAR (σ)				0.25		2.53	
																					COEF. DE VARIACION (%)				4.60		4.60	



Figura 207.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA @ kPa	MODULO DE ROTURA @ MPa	MODULO DE ROTURA(R) (kg/cm ²)			
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)					ALTURA		
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																										
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																										
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION (NTP 339.078:2012)																										
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																								
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																								
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO																								
FECHA:		08/12/2022																								
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (35 KG/M3)																										
1	10/11/2022	08/12/2022	28	27.340	54.00	53.90	53.80	53.70	53.85	15.00	14.90	15.20	15.00	15.03	15.30	15.30	15.40	15.00	15.25	37.15	5725.20	5.73	58.36			
2	10/11/2022	08/12/2022	28	27.974	53.50	53.50	53.50	54.00	53.63	14.90	14.90	15.20	15.00	15.00	15.50	15.60	15.00	15.00	15.28	38.84	5951.04	5.95	60.66			
3	10/11/2022	08/12/2022	28	28.490	53.90	54.00	53.90	54.00	53.95	15.00	15.20	15.10	15.00	15.08	15.10	15.50	15.00	15.15	15.15	39.57	6169.85	6.17	62.89			
																					PROMEDIO		5.95		60.64	
																					DESV. ESTANDAR (σ)		0.22		2.27	
																					COEF. DE VARIACION (%)		3.74		3.74	



Figura 208.

Ensayo de Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³.

BRIQUETA		FECHA		EDAD (DIAS)	PESO (kg)	DIMENSIONES														CARGA (kN)	MODULO DE ROTURA ® kPa	MODULO DE ROTURA ® MPa	MODULO DE ROTURA(R) (kg/ cm2)																									
		VACIADO	ROTURA			L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	LARGO (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	ANCHO (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)					ALTURA																								
RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS METALICAS WINRAND FF1 (50 KG/M3)																																																
TESISTA:		GWREN DARLYNI TACO HERRERA																																														
UBICACIÓN:		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES "ASET INGENIERIA SRL"- SAN SEBASTIAN																																														
MUESTRA:		ESPECÍMENES PRISMÁTICOS DE CONCRETO CON 28 DIAS DE CURADO																																														
FECHA:		10/12/2022																																														
1		12/11/2022	10/12/2022	28	29.33	53.80	53.60	53.70	53.80	53.73	15.20	15.00	15.30	15.00	15.13	15.30	15.00	15.00	15.08	39.07	6106.75	6.11	62.25																									
2		12/11/2022	10/12/2022	28	30.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	15.20	15.50	15.20	15.00	15.23	15.30	15.50	15.40	15.00	15.30	39.26	5948.45	5.95	60.64																								
3		12/11/2022	10/12/2022	28	29.50	53.90	54.20	54.00	54.00	54.03	15.00	15.00	15.30	15.00	15.08	15.10	15.50	15.00	15.00	15.15	39.52	6170.62	6.17	62.90																								
																					PROMEDIO																				6.08		61.93					
																					DESV. ESTANDAR (σ)																						0.11		1.16			
																					COEF. DE VARIACION (%)																								1.88		1.87	



Capítulo IV: Resultados

4.1 Resultados de las propiedades de los agregados.

Tabla 30.

Propiedades de los agregados de la cantera Combapata y Vicho

Características	Agr. Fino	Agr. Grueso	Unidad
P. Especifico	2434.03	2630.65	Kg/m ³
P.U. Seco Suelto	1489.78	1477.04	Kg/m ³
P.U. Seco Compactado	1941.18	1587.77	Kg/m ³
Módulo de fineza	2.92	-----	-----
TMN	-----	1"	-----
Cont. Humedad	6.8	0.01	%
% de Absorción	3.89	0.48	%

4.2 Resultados del Revenimiento del Concreto (Slump Test).

Tabla 31.

Resultados finales de revenimiento del concreto.

Tipo de concreto	SLUMP		% Alcanzado Respecto al C° Patrón	Consistencia
	(cm)	(Pulg.)		
Concreto sin refuerzo	8.23	3.24	100.00%	Plástica
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	7.70	3.03	93.52%	Plástica
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	7.23	2.85	87.77%	Seca-plástica
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	6.46	2.54	78.46%	Seca-plástica

Figura 209.

Resultados finales de Revenimiento del concreto

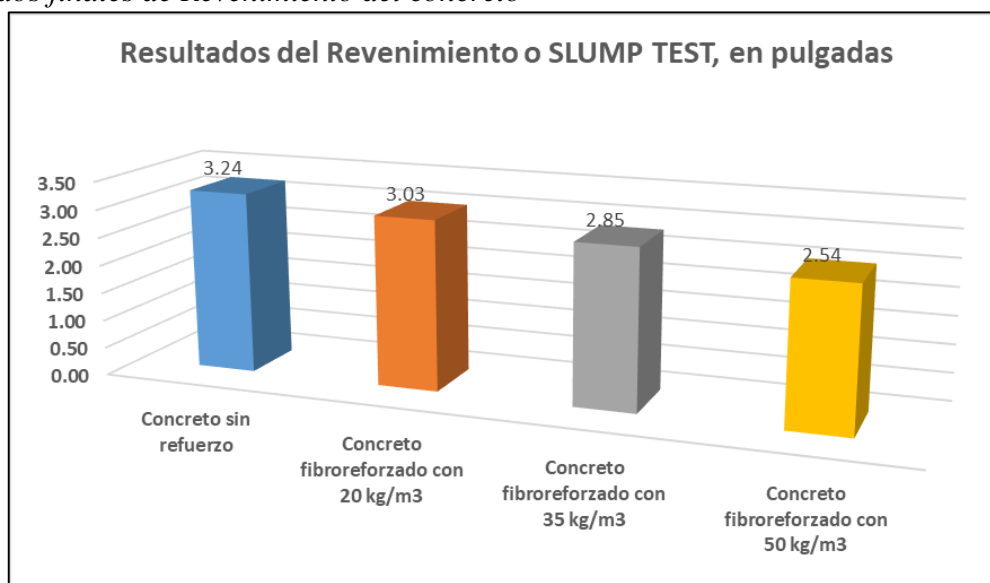
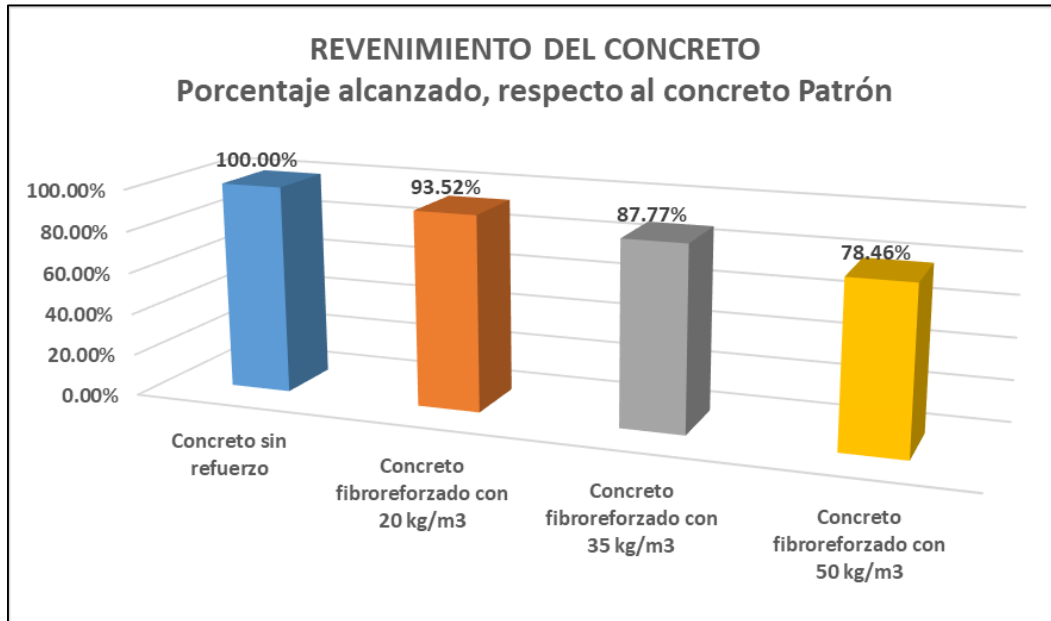


Figura 210.

Disminución del Revenimiento del concreto, respecto al concreto patrón.



Interpretación

En los resultados se observa que, a mayor dosificación de fibras metálicas Wirand FF1 el Slump va a disminuir teniendo una mezcla que se encuentra en transición de una consistencia seca-plástica.

Esta disminución se debe básicamente a que la mezcla posee una nueva estructura interna conformada por los filamentos de acero.



4.3 Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Tabla 32.

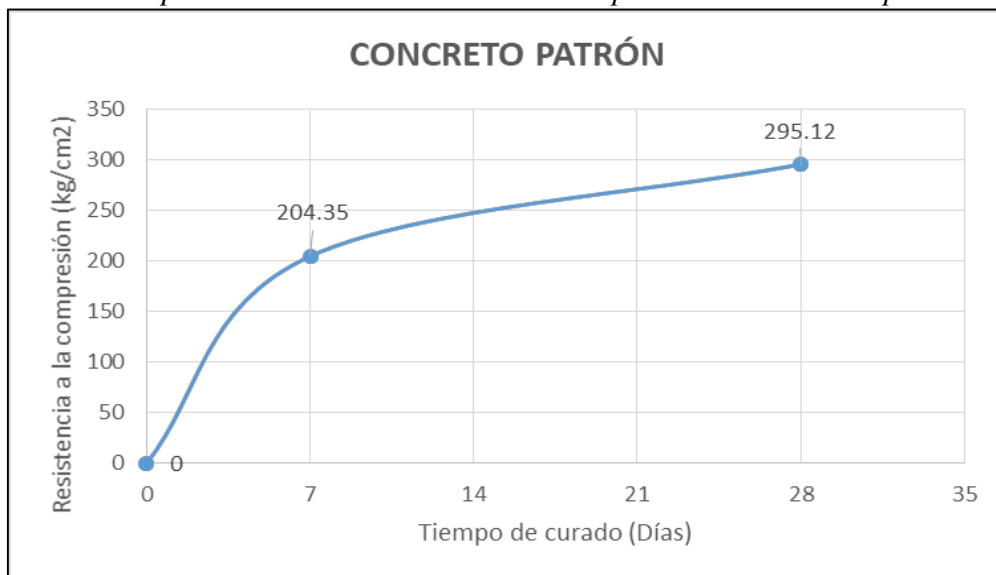
Resultados finales de resistencia a compresión clasificada por dosificación y edad.

Tipo de concreto	Edad (días)	f'c prom (kg/cm ²)	% Alcanzado Respecto al C° Patrón	% De Diferencia Respecto al C° Patrón
Concreto sin refuerzo	7	204.35 kg/cm ²	70.00%	
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	7	216.82 kg/cm ²	74.27%	4.27%
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	7	276.24 kg/cm ²	94.63%	24.63%
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	7	331.47 kg/cm ²	113.55%	43.55%
Concreto sin refuerzo	28	295.12 kg/cm ²	100.00%	
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	28	344.46 kg/cm ²	116.72%	16.72%
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	28	396.98 kg/cm ²	134.52%	34.52%
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	28	424.37 kg/cm ²	143.80%	43.80%

4.3.1 Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón

Figura 211.

Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto patrón

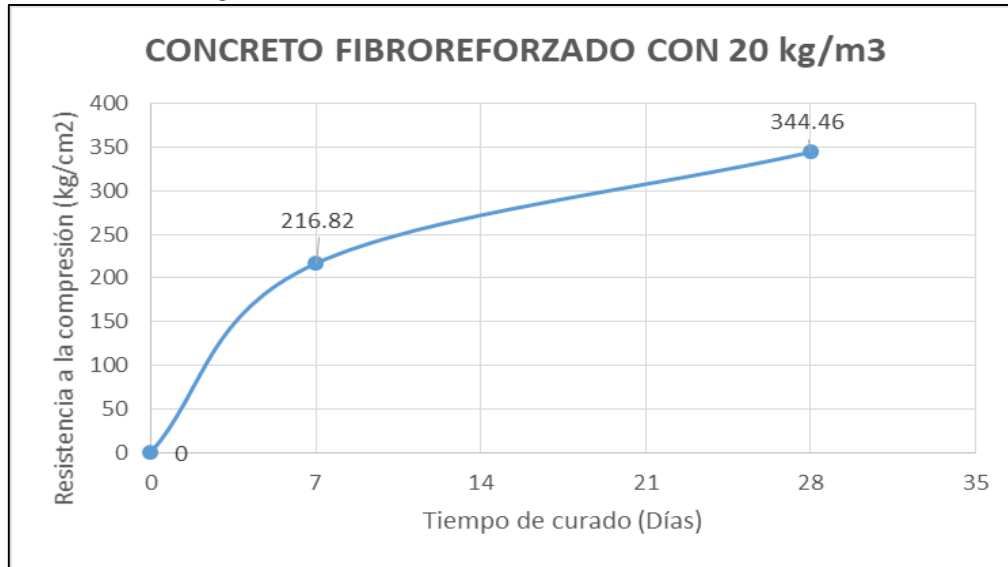




4.3.2 Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³

Figura 212.

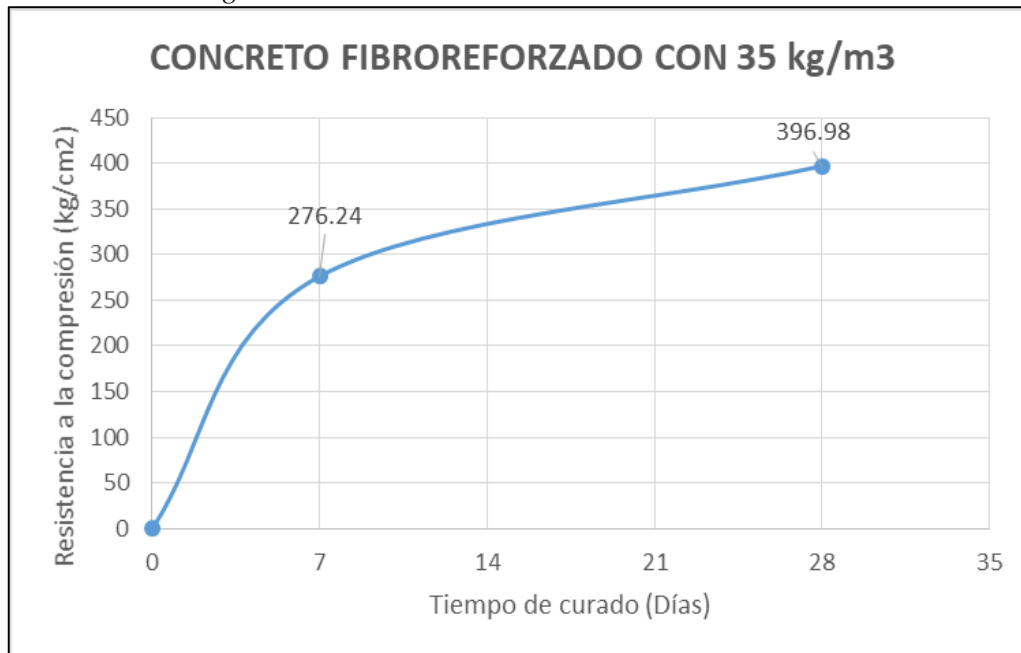
Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras metálicas de 20 kg/m³.



4.3.3 Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³

Figura 213.

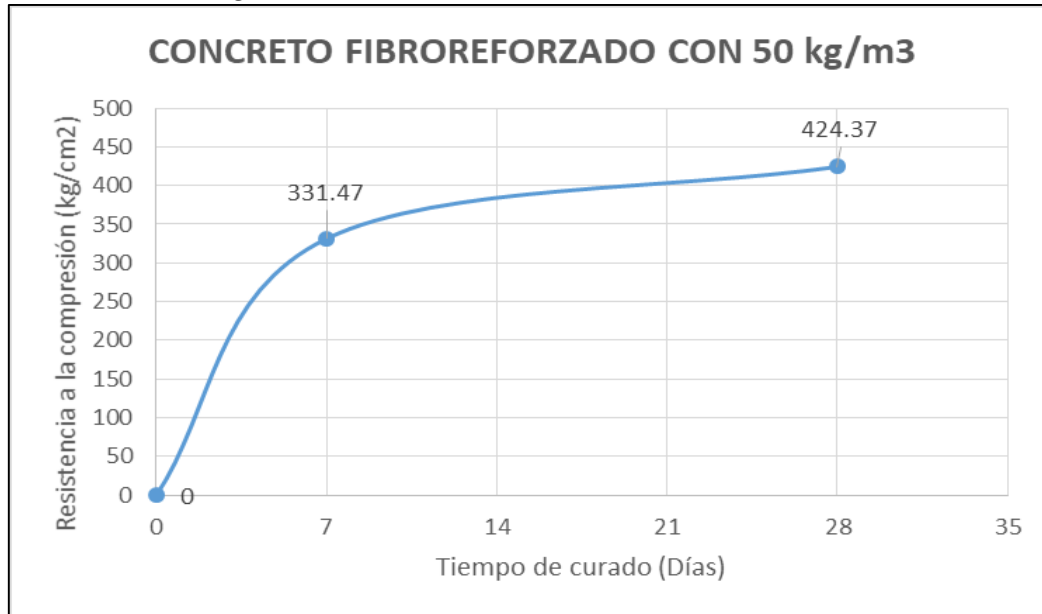
Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras metálicas de 35 kg/m³.



4.3.4 Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³

Figura 214.

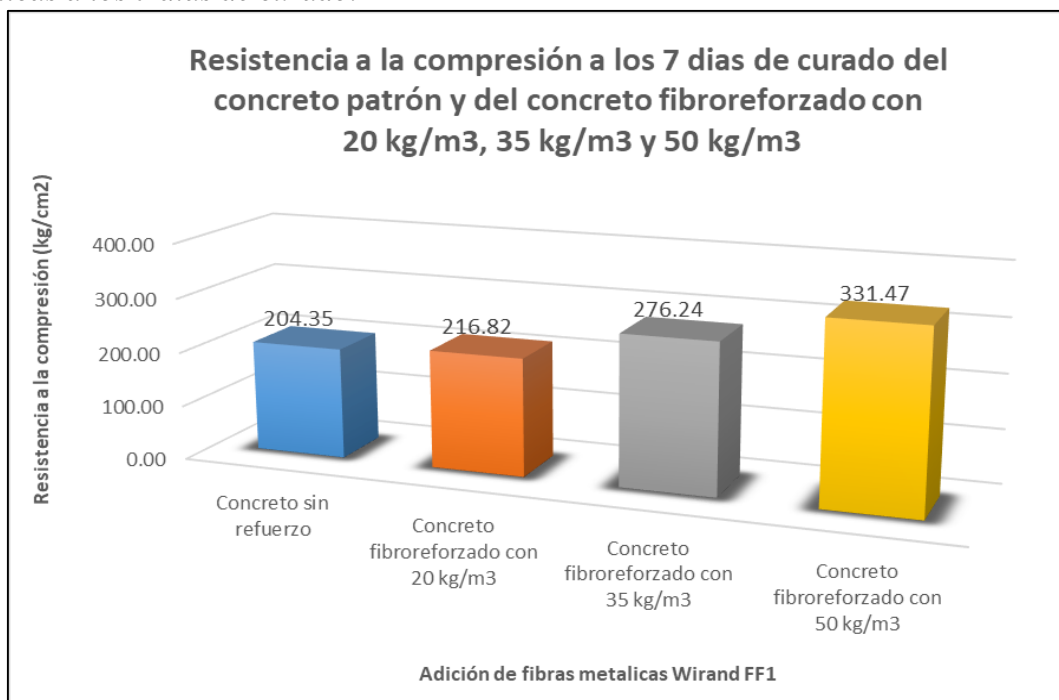
Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras metálicas de 50 kg/m³.



4.3.5 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Figura 215.

Resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas a los 7 días de curado.

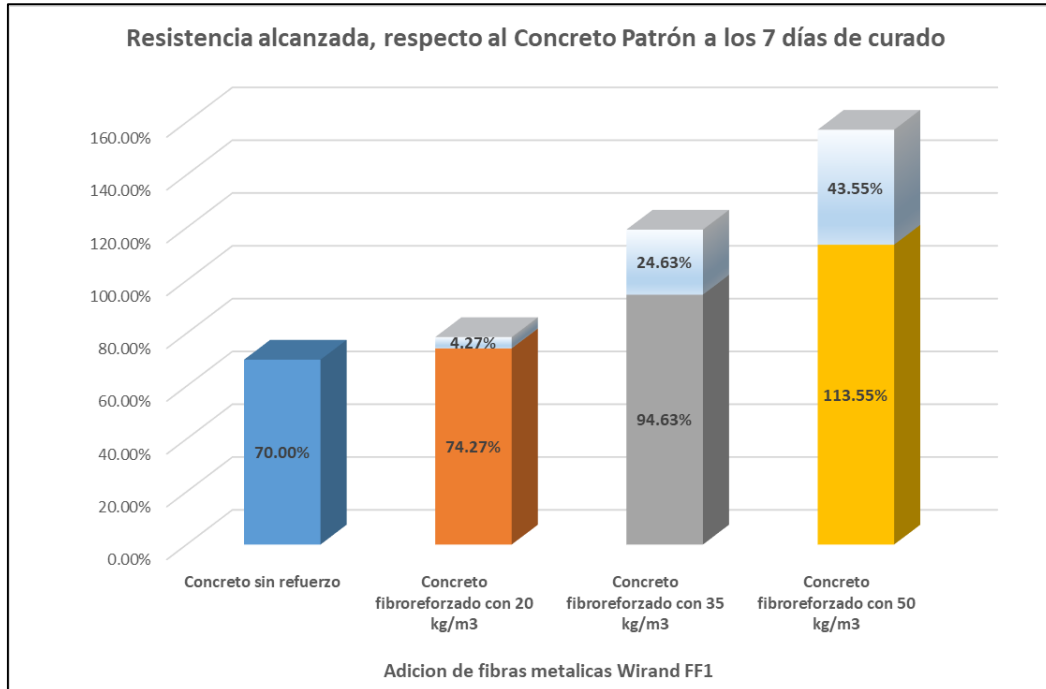




4.3.6 Variación de la Resistencia a la compresión a los 7 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes

Figura 216.

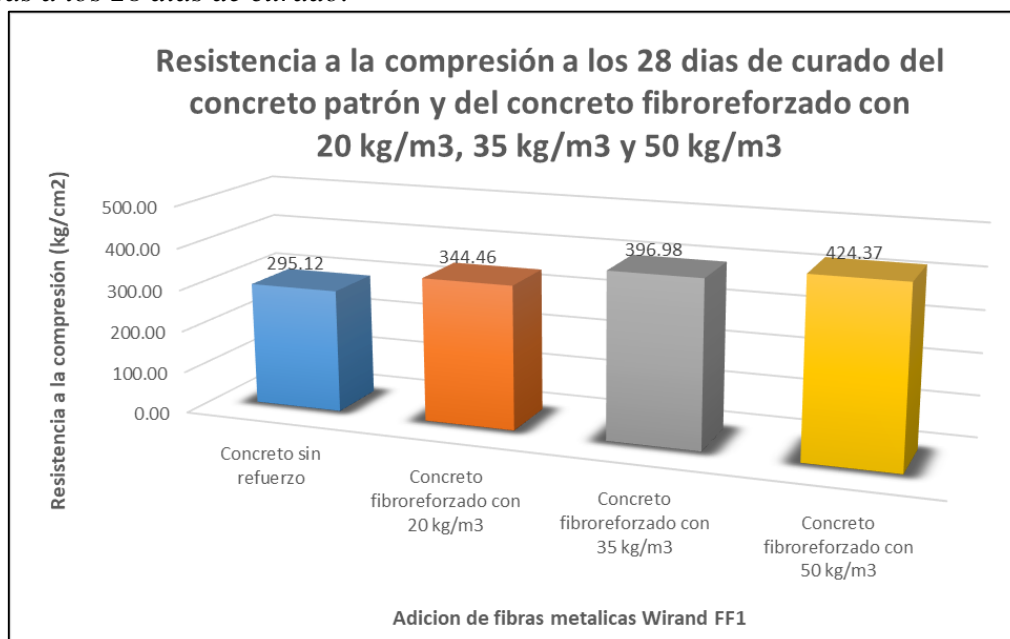
Variación porcentual del ensayo de compresión a los 7 días de curado.



4.3.7 Resistencia a la compresión a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Figura 217.

Resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas a los 28 días de curado.

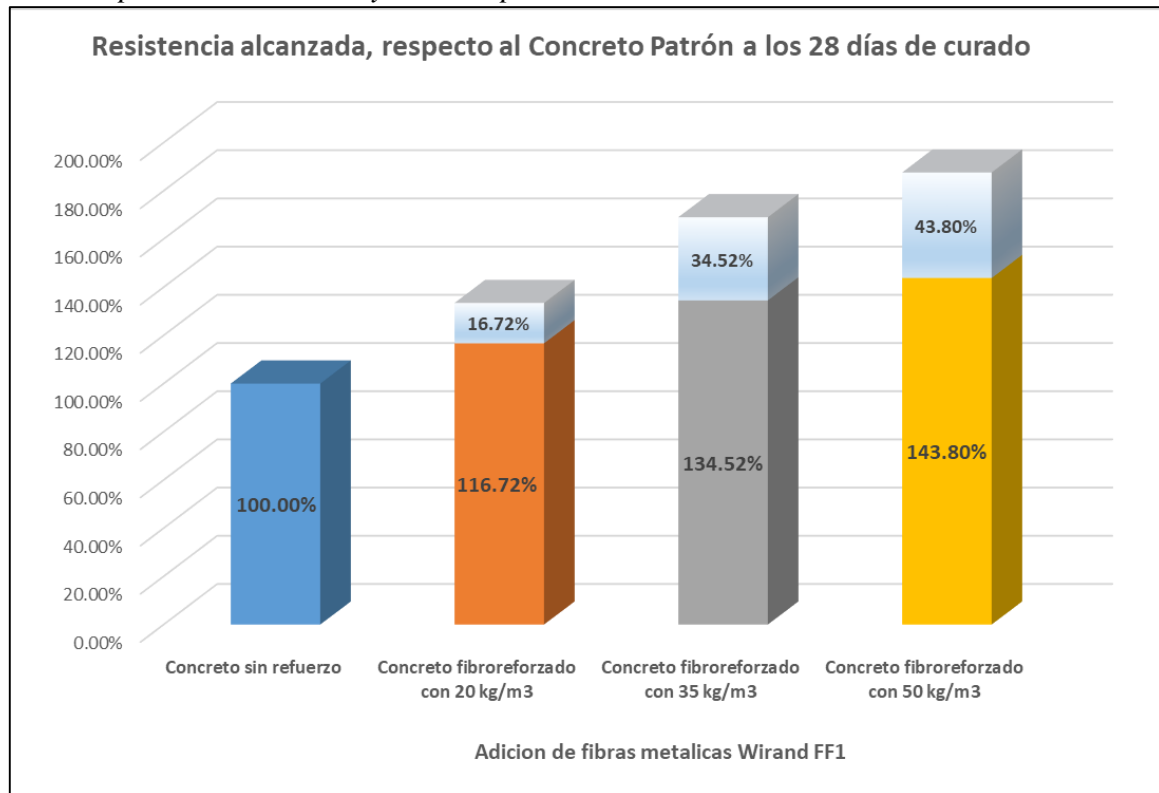




4.3.8 Variación de la Resistencia a la compresión a los 28 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes

Figura 218.

Variación porcentual del ensayo de compresión a los 28 días de curado.



Interpretación

Como se evidencia, se cumple la hipótesis que el concreto fibroreforzado se comporta mejor mecánicamente frente al concreto sin refuerzo.

La adición de fibras al concreto genera que la resistencia inicial a la compresión aumente considerablemente, en un 4.27% para adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, 24.63% para adición de $35 \frac{kg}{m^3}$ y 43.55% para adición de $50 \frac{kg}{m^3}$. Sin embargo, esta se va estabilizando hasta llegar a una resistencia del 16.72% para $20 \frac{kg}{m^3}$, 34.52% para $35 \frac{kg}{m^3}$ y 43.80% para $50 \frac{kg}{m^3}$ de la fibra Wirand FF1 a los 28 días.

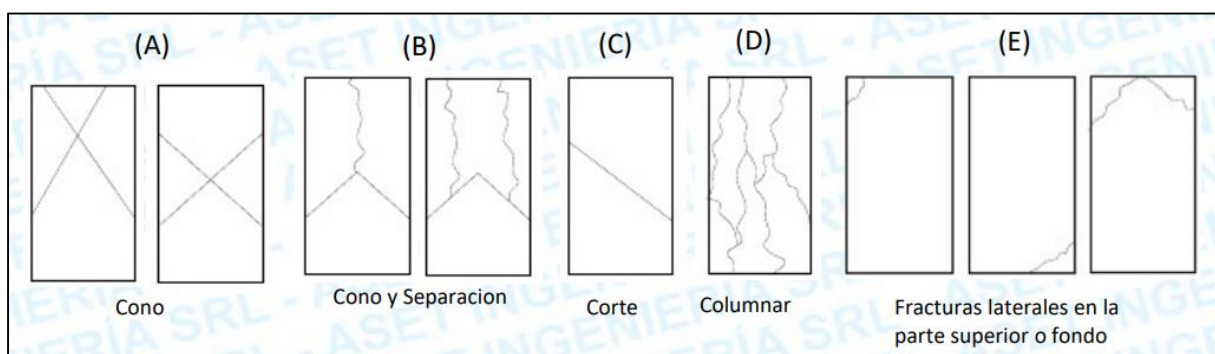
En los gráficos anteriores se verifica la variación de porcentajes entre las dosificaciones de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$, entre mayor cantidad de fibra se genera una pasta más densa y unificada.

4.3.9 Tipos de fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a compresión

En la realización de la ruptura de los veinticuatro (100%) especímenes cilíndricos ensayos a compresión para 7 y 28 días de curado, se observó que se tuvo tres (13 %) probetas cilíndricas con fallas de fracturas laterales, cinco (21 %) especímenes cilíndricos con falla tipo cono y dieciséis (67%) especímenes cilíndricos con falla columnar. Siendo la más preponderante la falla columnar debido a la adición de fibras metálicas Wirand FF1 la cual ocasiona que se tenga un incremento en la adherencia fibra-concreto por la forma de la fibra la cual tiene dobleces en los extremos.

Figura 219.

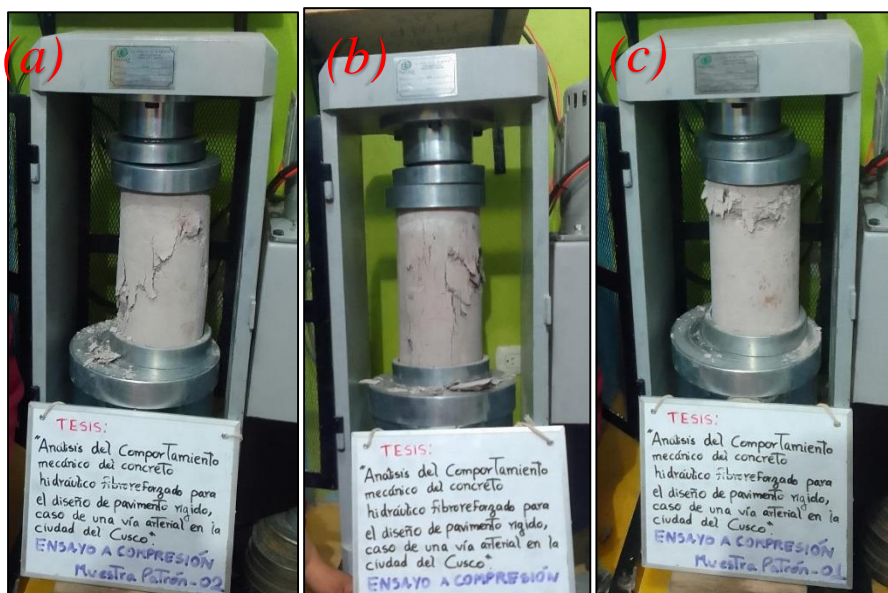
Tipos de falla adoptada de la norma ASTM C-39



Nota. Tomado de la norma ASTM C-39.

Figura 220.

Fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a compresión



Nota. (a)Falla tipo Cono, (b) Falla tipo Columnar y (c) Falla con Fracturas laterales.



4.4 Resultados de la resistencia a Tracción Indirecta del concreto patrón y el concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Tabla 33.

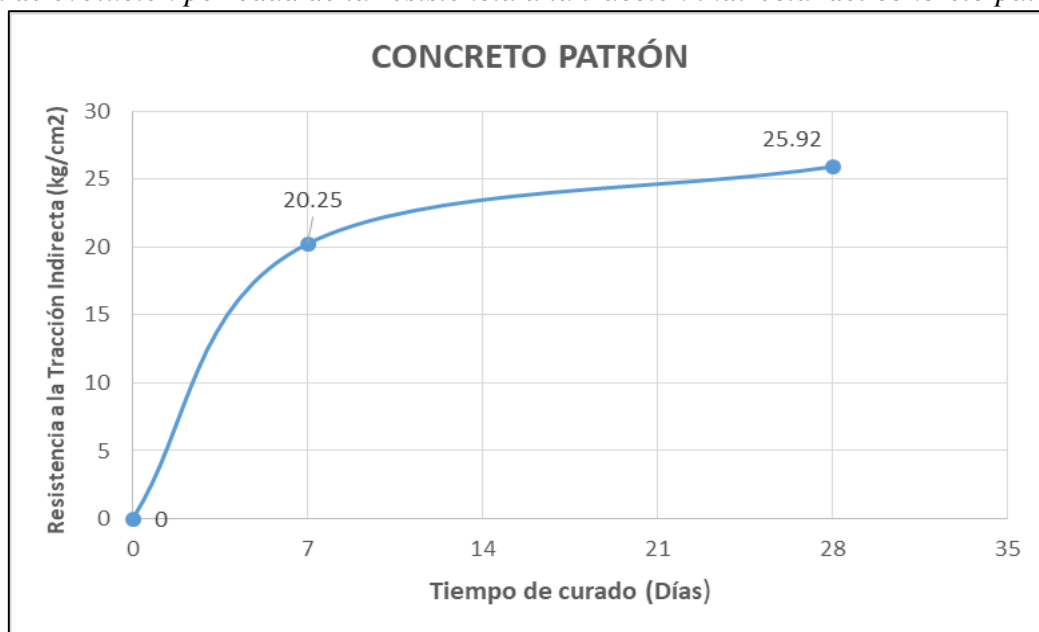
Resultados finales de resistencia a Tracción Indirecta clasificado por dosificación y edad.

Tipo de concreto	Edad (días)	T prom. (kg/cm ²)	% Alcanzado Respecto al C° Patrón	% De Diferencia Respecto al C° Patrón
Concreto sin refuerzo	7	20.25	70.00%	
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	7	21.71	75.06%	5.06%
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	7	25.10	86.79%	16.79%
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	7	26.53	91.71%	21.71%
Concreto sin refuerzo	28	25.92	100.00%	
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	28	27.32	105.42%	5.42%
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	28	32.03	123.57%	23.57%
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	28	34.97	134.94%	34.94%

4.4.1 Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón

Figura 221.

Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón

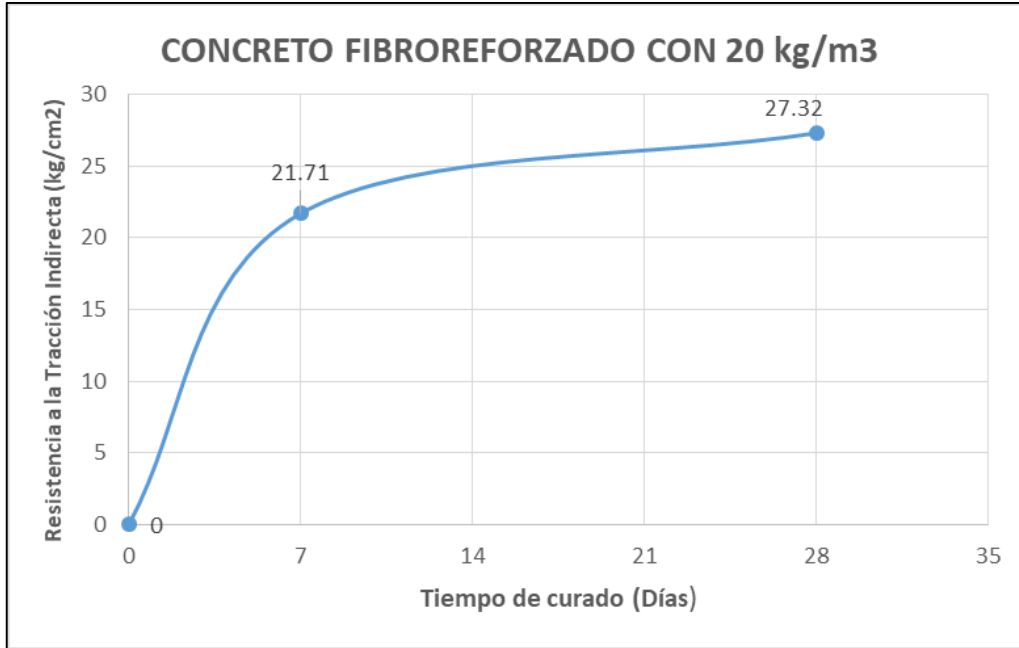




4.4.2 Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³

Figura 222.

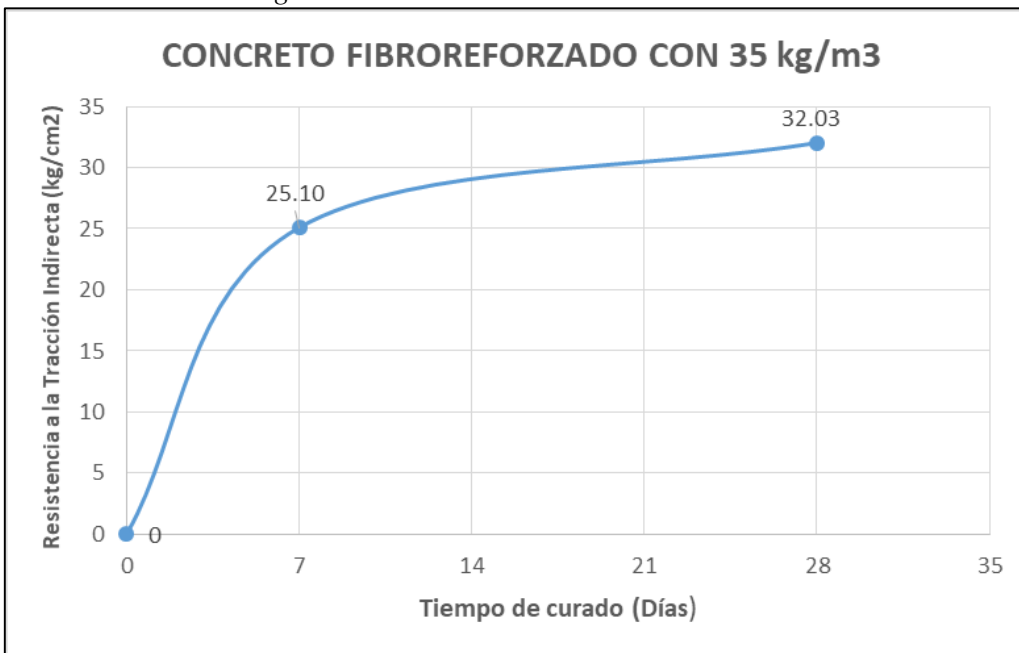
Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto reforzado con fibras metálicas de 20 kg/m³.



4.4.3 Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³

Figura 223.

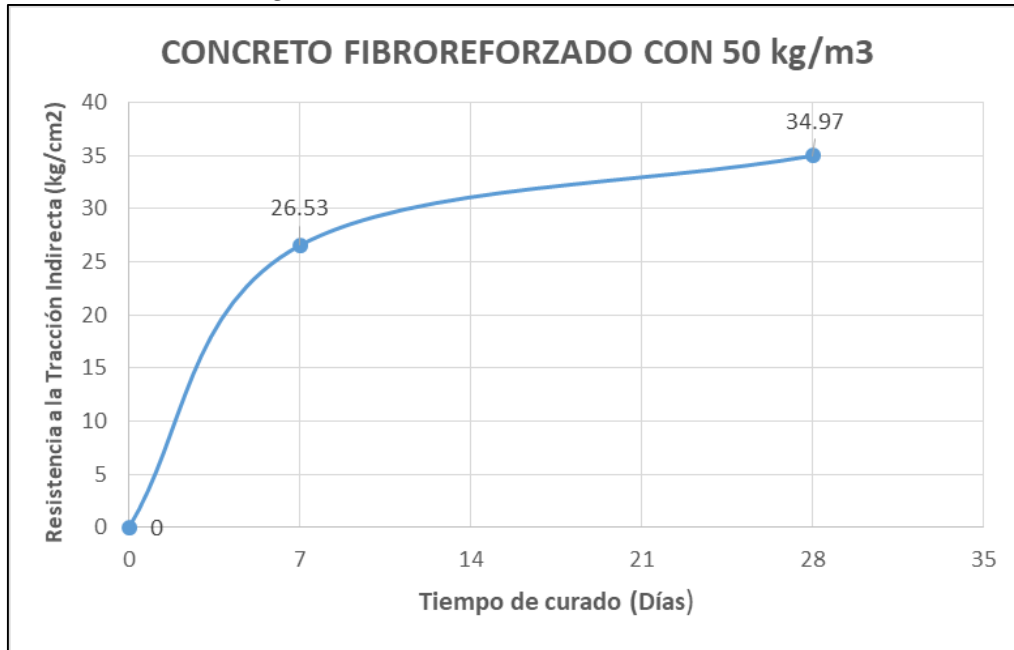
Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto reforzado con fibras metálicas de 35 kg/m³.



4.4.4 Curva de evolución de la resistencia a la tracción indirecta del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³

Figura 224.

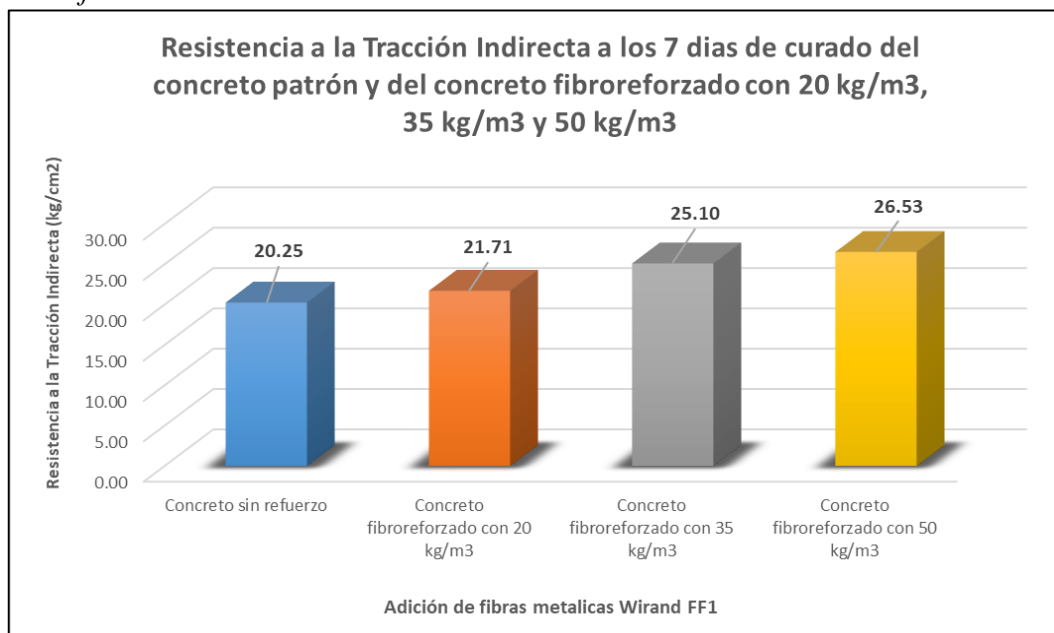
Curva de evolución por edad de la resistencia a la tracción indirecta del concreto reforzado con fibras metálicas de 50 kg/m³.



4.4.5 Resistencia a la tracción indirecta a los 7 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Figura 225.

Resultados finales de Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días de curado.

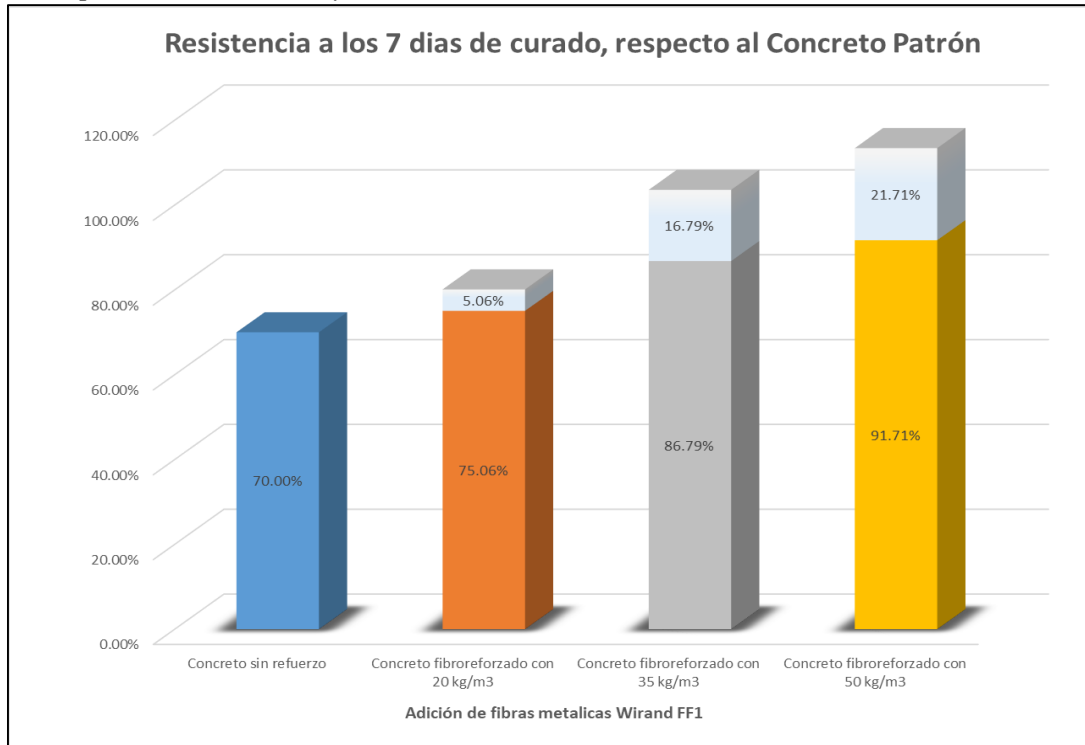




4.4.6 Variación de la Resistencia a la tracción indirecta a los 7 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes

Figura 226.

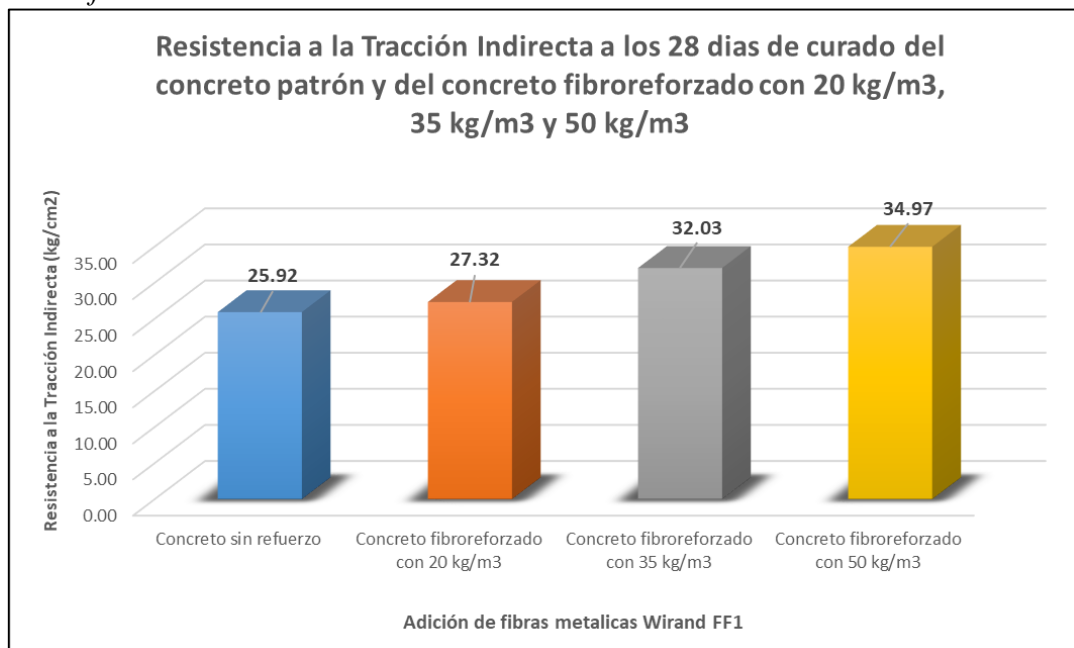
Variación porcentual del ensayo a la tracción indirecta a los 7 días de curado.



4.4.7 Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Figura 227.

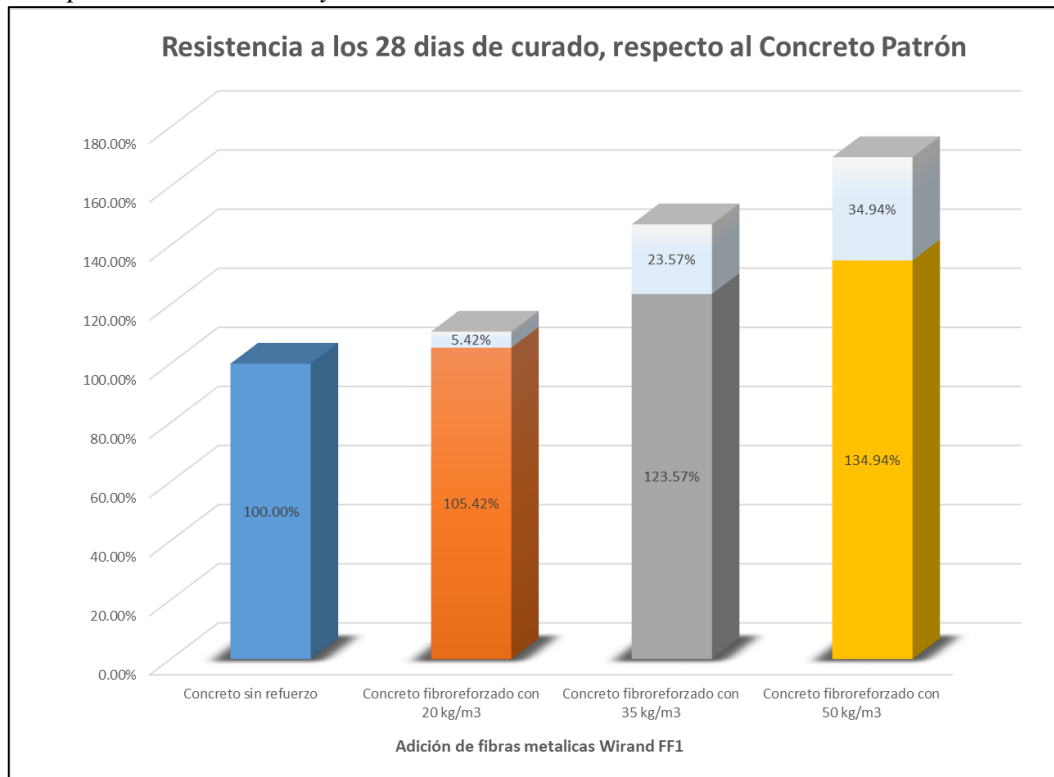
Resultados finales de Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días de curado.



4.4.8 Variación de la Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días de curado, respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes

Figura 228.

Variación porcentual del ensayo a la tracción indirecta a los 28 días de curado.



Interpretación

Como se evidencia, se cumple la hipótesis que el concreto fibroreforzado se comporta mejor mecánicamente frente al concreto sin refuerzo.

La adición de fibras de concreto genera que la resistencia inicial a tracción indirecta aumente significativamente frente al concreto patrón en un 5.06% para adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, 16.79% para adición de $35 \frac{kg}{m^3}$ y 21.71% para adición de $50 \frac{kg}{m^3}$, sin embargo esta se va estabilizando hasta llegar a una resistencia de 5.42% para adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, 23.57% para adición de $35 \frac{kg}{m^3}$ y 34.94% para adición de $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibra metálica Wirand FF1 a los 28 días de curado.

En los gráficos anteriores se puede apreciar el incremento de la resistencia a la tracción indirecta que está en función a la dosificación de las fibras metálicas, entre mayor cantidad de fibras se añada se tendrá una mezcla densa y solidificada.

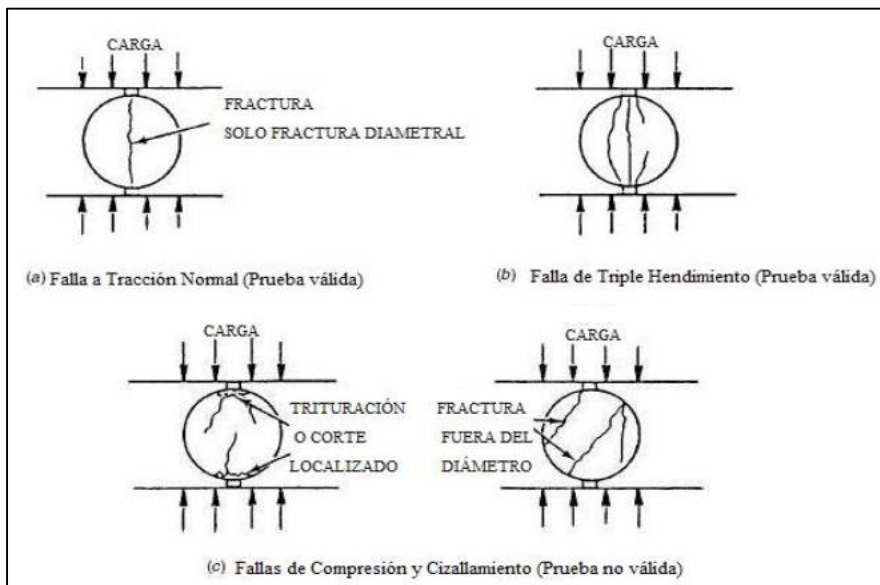


4.4.9 Tipos de fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a tracción indirecta

En la realización de la ruptura de los veinticuatro (100%) especímenes cilíndricos ensayos a tracción indirecta se tuvo tipos dieciséis (67 %) especímenes cilíndricos con fallas a tracción normal y ocho (33 %) con fallas de triple hendimiento, las cuales se muestran en la **Figura 230**. Siendo la más preponderante, la falla a tracción normal.

Figura 229.

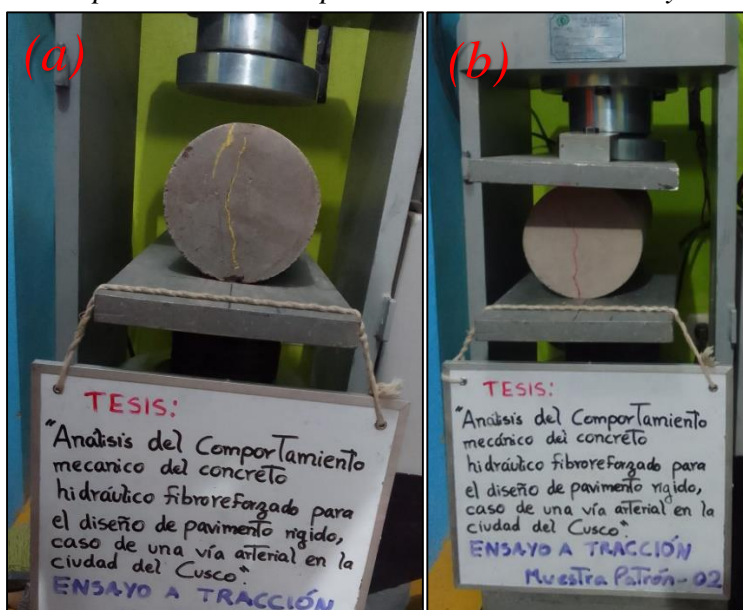
Tipos de falla de especímenes cilíndricos a tracción indirecta, según la norma ASTM C1144 - 89



Nota. Tomado de (Muñoz, 2015).

Figura 230.

Fallas presentadas en especímenes cilíndricos ensayados a tracción indirecta



Nota. (a) Falla de triple hendimiento y (b) Falla a tracción normal.



4.5 Resultados de la resistencia a flexión del concreto patrón y el concreto con adición de fibras metálicas Wirand FF1 para dosificaciones de 20 kg/m³, 35 kg/m³ y 50 kg/m³.

Tabla 34.

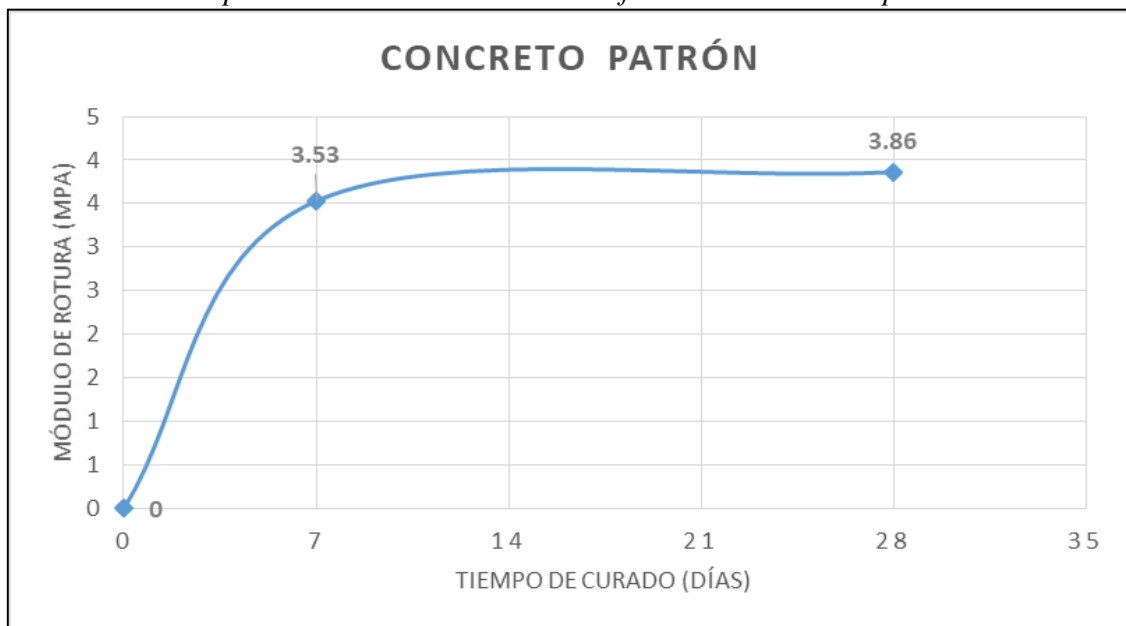
Resultados finales de la Resistencia a Flexión clasificado por dosificación y edad.

Tipo de concreto	Edad (días)	Carga Max. Aplicada (kN)	Módulo de Rotura Promedio		% Alcanzado Respecto al C° Patrón	% De Diferencia Respecto al C° Patrón
			(Mpa)	(kg/cm ²)		
Concreto sin refuerzo	7	22.39	3.53	35.99	70.00%	
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	7	26.79	4.21	42.90	83.43%	13.43%
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	7	33.77	5.21	53.09	103.24%	33.24%
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	7	35.76	5.51	56.19	109.29%	39.29%
Concreto sin refuerzo	28	24.44	3.86	39.37	100.00%	
Concreto fibroreforzado con 20 kg/m ³	28	35.05	5.40	55.02	139.73%	39.73%
Concreto fibroreforzado con 35 kg/m ³	28	38.52	5.95	60.64	154.00%	54.00%
Concreto fibroreforzado con 50 kg/m ³	28	39.28	6.08	61.93	157.28%	57.28%

4.5.1 Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto patrón

Figura 231.

Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto patrón

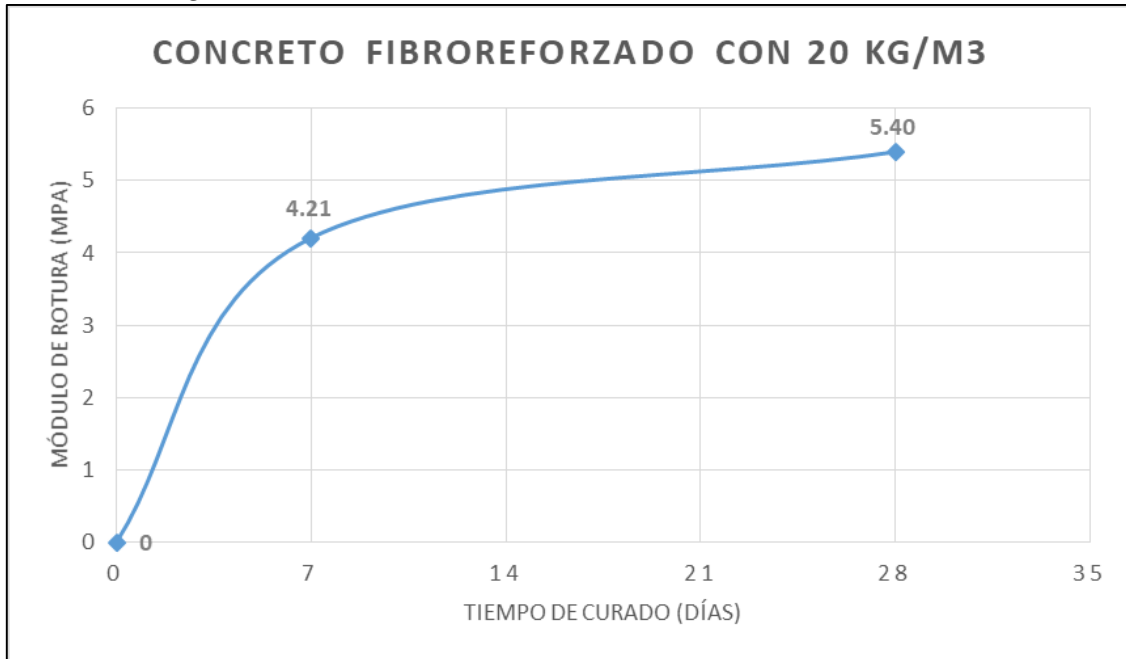




4.5.2 Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto fibroreforzado con 20 kg/m³

Figura 232.

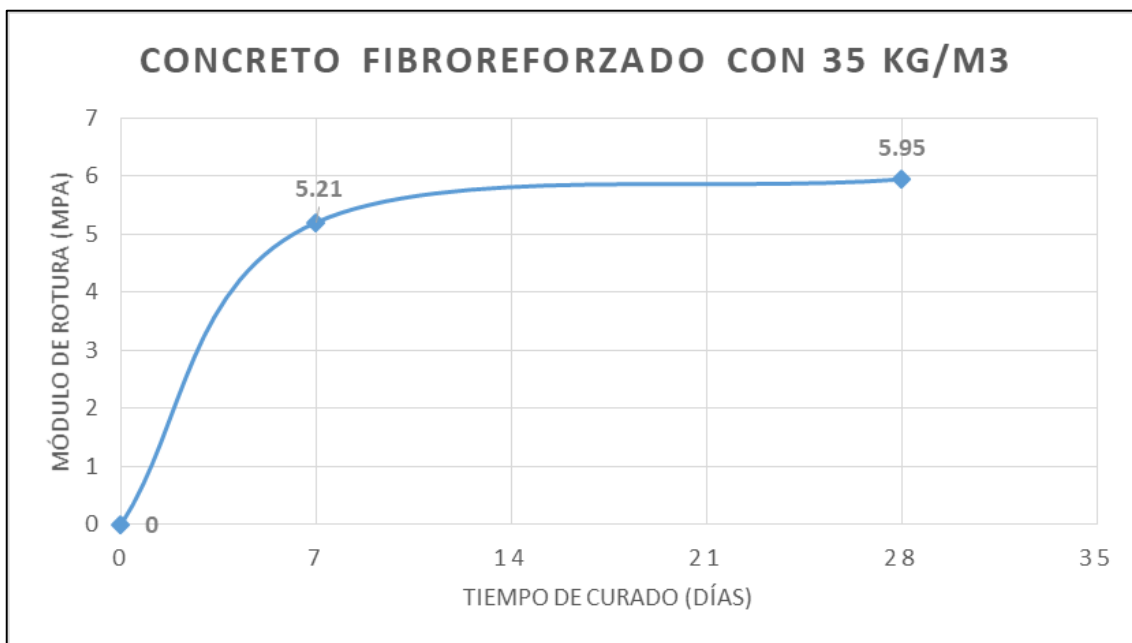
Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas de 20 kg/m³.



4.5.3 Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto fibroreforzado con 35 kg/m³

Figura 233.

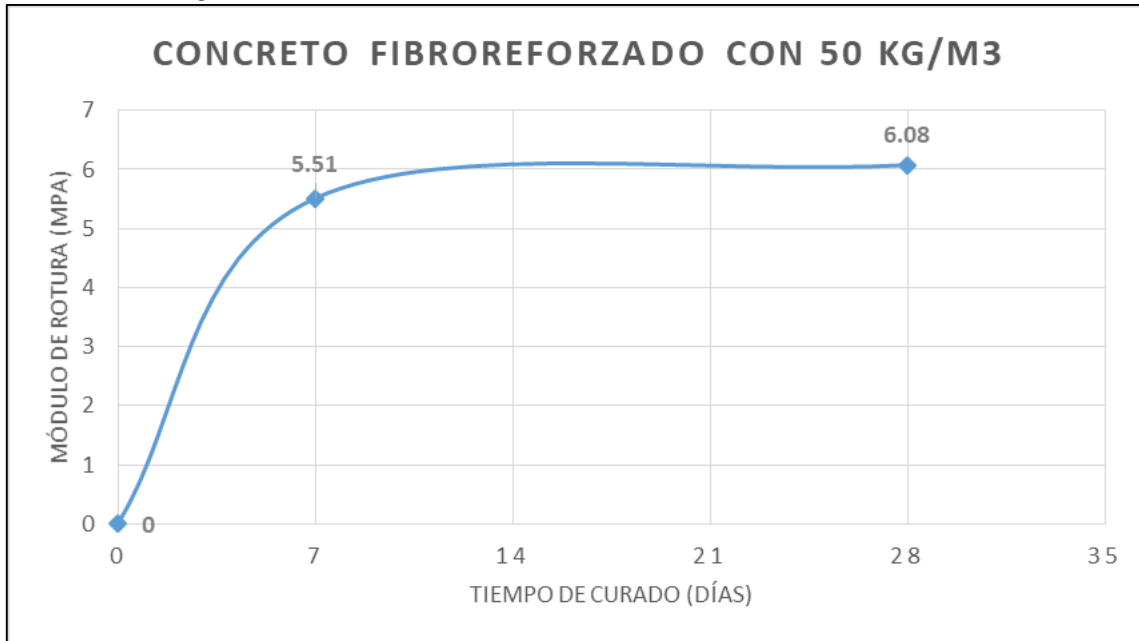
Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas de 35 kg/m³.



4.5.4 Curva de evolución de la resistencia a la flexión del concreto fibroreforzado con 50 kg/m³

Figura 234.

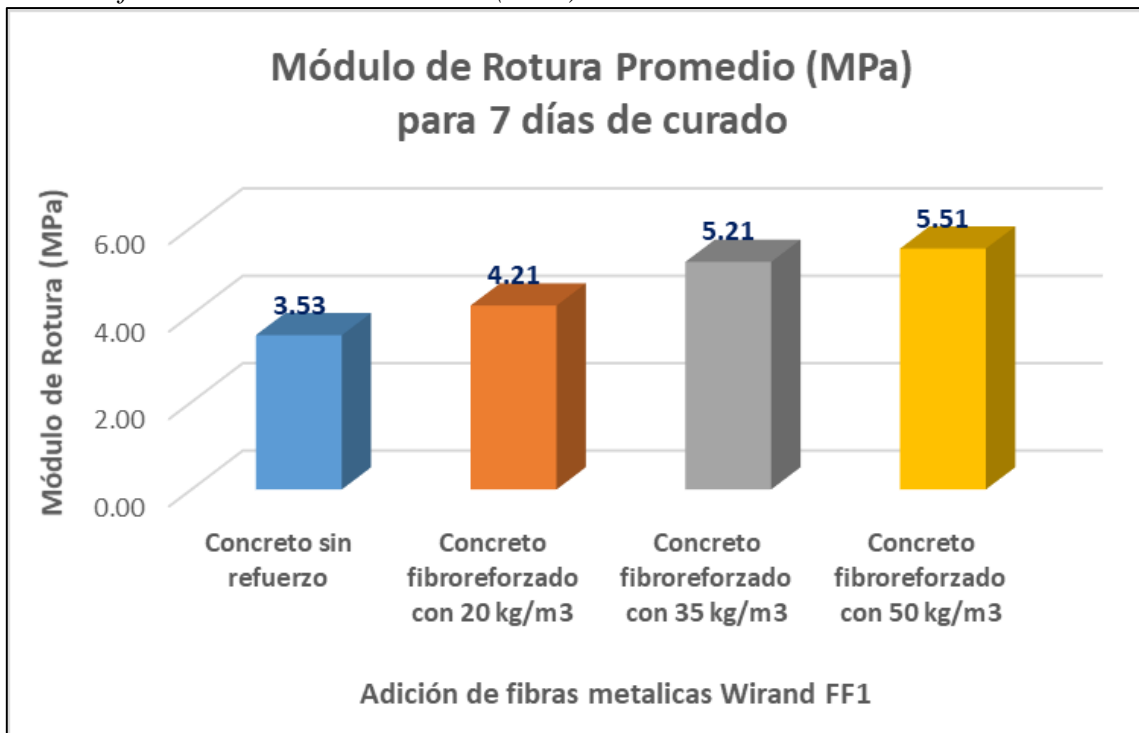
Curva de evolución por edad de la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas de 50 kg/m³.



4.5.5 Módulo de Rotura (MPa) a la edad de 7 días de curado.

Figura 235.

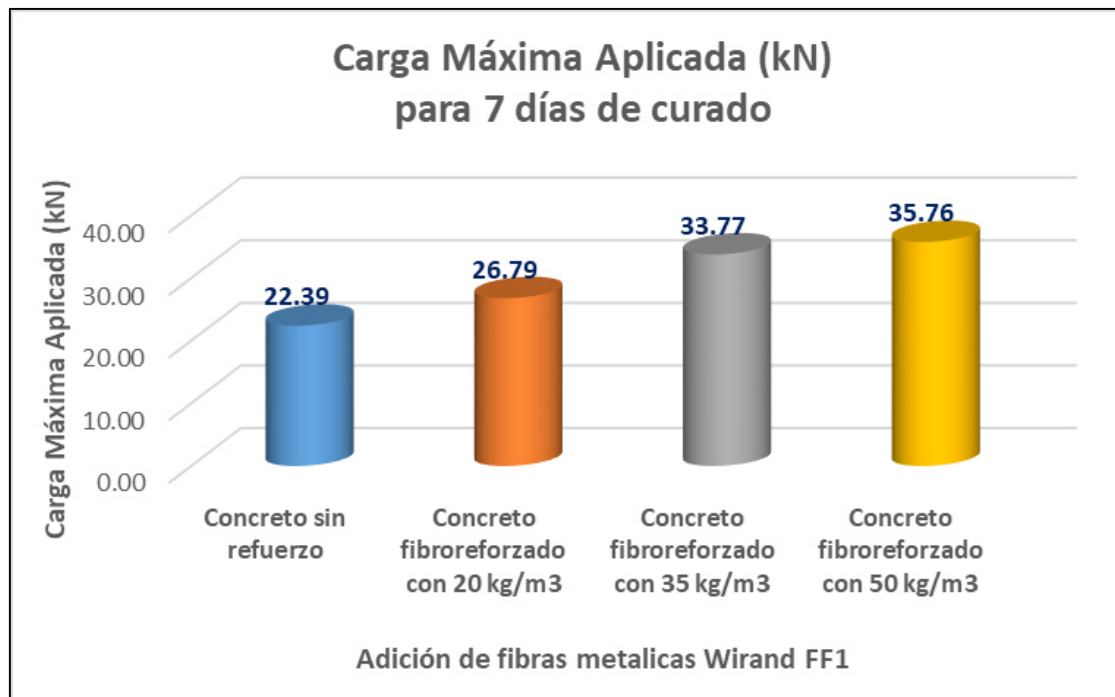
Resultados finales de Modulo de Rotura (MPa) a los 7 días de curado.



4.5.6 Carga Máxima soportada por la probeta prismática a 7 días de curado.

Figura 236.

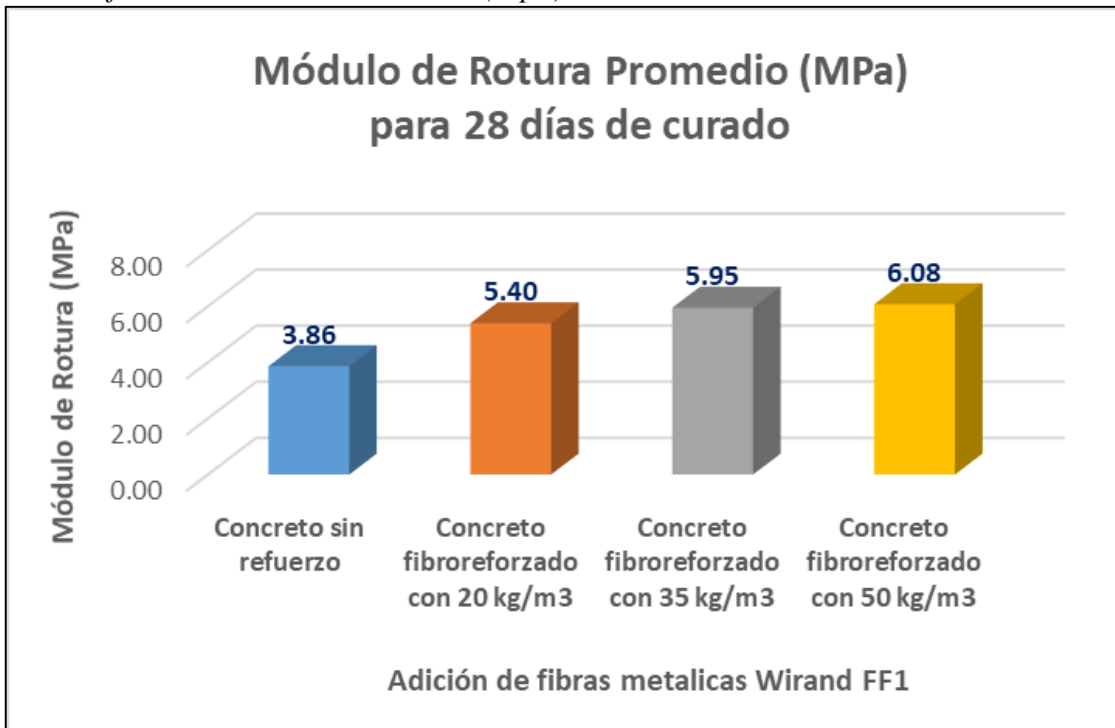
Resultados finales de la Carga Máxima soportada por las probetas prismáticas a los 7 días de curado.



4.5.7 Módulo de Rotura (Mpa) a la edad de 28 días de curado.

Figura 237.

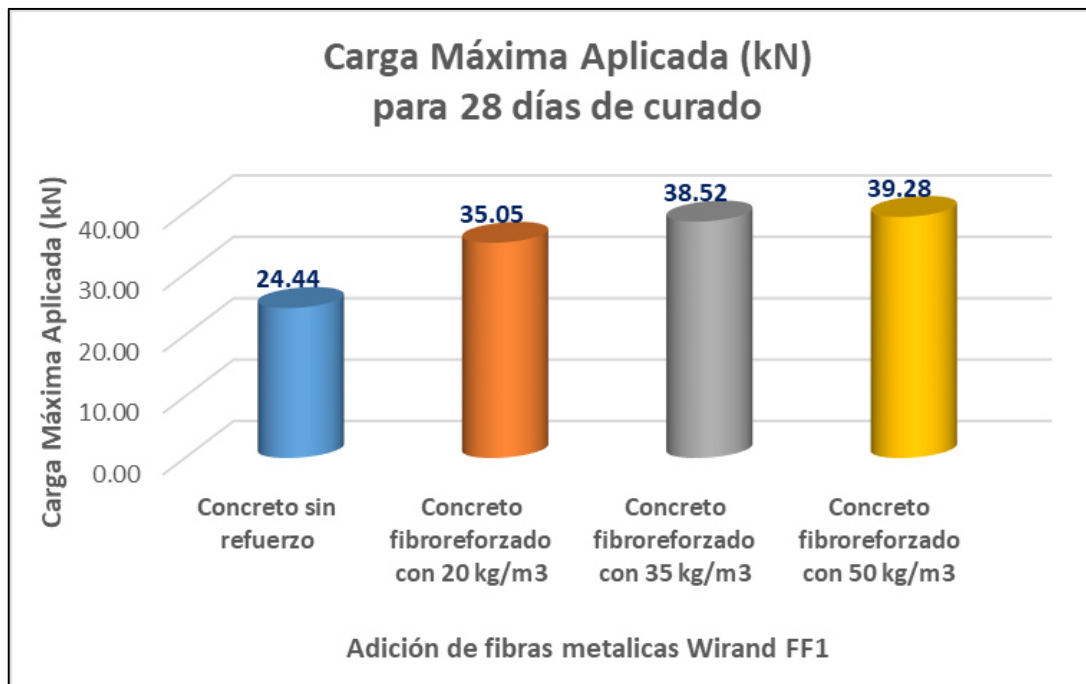
Resultados finales de Modulo de Rotura (Mpa) a los 28 días de curado.



4.5.8 Carga Máxima soportada por la probeta prismática a 28 días de curado.

Figura 238.

Resultados finales de la Carga Máxima soportada por las probetas prismáticas a los 28 días de curado.



Interpretación

Los valores obtenidos del módulo de rotura presentados en la tabla de resultados finales en base a los ensayos de flexión de las probetas prismáticas, para cada tipo de concreto empleado, cumplen con lo establecido por el Reglamento Nacional de edificaciones, Norma C.E.010 “Pavimentos Urbanos” donde indica que se debe tener como mínimo un valor de Modulo de Rotura (MR) de 3.4 Mpa. Se presenta una notable mejoría utilizando el concreto fibroreforzado, el aumento de resistencia a la flexión esta dado principalmente por las características de la fibra y la dosificación. Como se observó en los gráficos anteriores la resistencia a la flexión del concreto, a través del módulo de rotura a la flexión, aumenta de valor con la fibra Wirand FF1 en base a las dosificaciones de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$, por ende a mayor dosificación significará una mayor resistencia a flexión. Para los 28 días de curado se tiene un aumento significativo frente al concreto patrón de 39.73% para $20 \frac{kg}{m^3}$, 54.00% para $35 \frac{kg}{m^3}$ y 57.28% para $50 \frac{kg}{m^3}$.

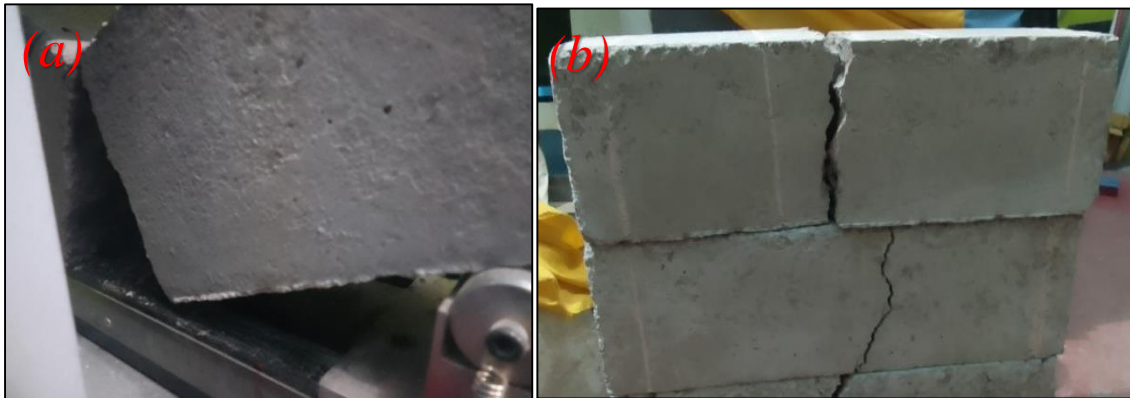
El paramento de Modulo de Rotura (MR) es muy importante para el diseño de pavimentos rígidos. La carga que resiste el concreto es mucho mayor a un concreto sin refuerzo, si se tiene una carga mayor, el módulo de rotura a la flexión será mayor.

4.5.9 Tipos de fallas presentadas en especímenes prismáticos ensayados a flexión

En la realización de los ensayos a flexión de los veinticuatro (100%) especímenes prismáticos para 7 y 28 días de curado, se observó seis (25 %) especímenes prismáticos con falla frágil en el concreto sin refuerzo y dieciocho (75 %) especímenes prismáticos con falla dúctil en el concreto adicionado con 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 puesto que la energía absorbida por las fibras se adhiere al concreto durante la ruptura produciéndose la deformación de la fibra.

Figura 239.

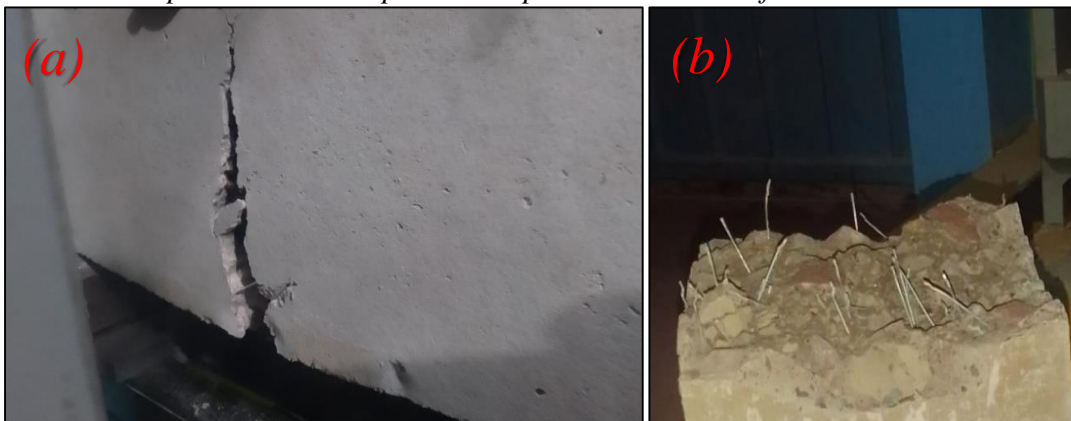
Falla frágil presentada en especímenes prismáticos sin refuerzo



Nota. (a) Se observa el comportamiento frágil de un espécimen prismático sin fibra (b) se muestra con mayor detalle el comportamiento del espécimen prismático al ser ensayado.

Figura 240.

Falla dúctil presentada en especímenes prismáticos con refuerzo



Nota. (a) Se observa el comportamiento dúctil de un espécimen prismático con fibra (b) se muestra con mayor detalle el comportamiento de la fibra al ser ensayado.



4.6 Resultados del diseño Británico Technical Report N°34

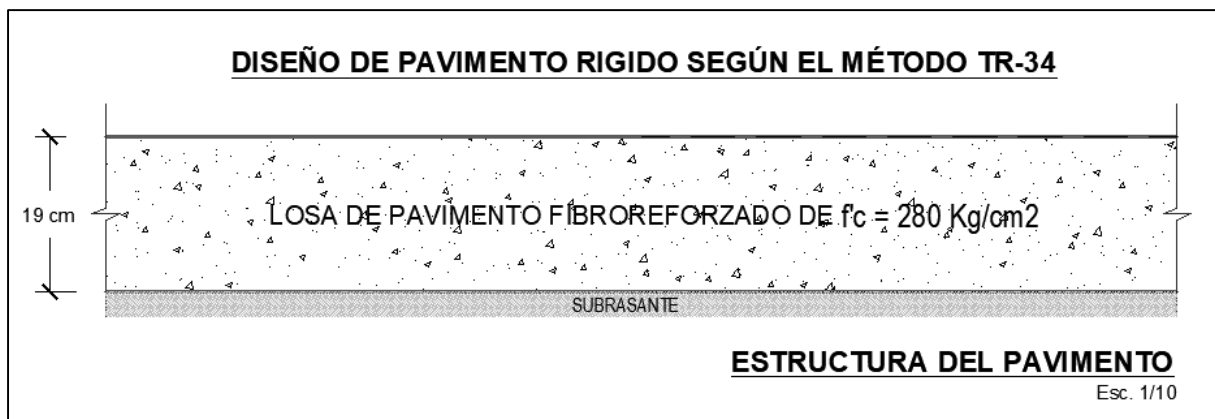
Se realizó el diseño del pavimento rígido fibroreforzado, siendo así que el diseño óptimo para el pavimento es una losa de 19.00 cm de espesor como mínimo, el cual puede ser con una dosificación de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras de acero Wirand FF1 por metro cubico de concreto, como se vio anteriormente en el ítem 3.6.1 del procesamiento de análisis de datos del diseño con Technical Report N°34 para las dosificaciones anteriormente mencionadas.

Como datos de entrada para los cálculos respectivos mediante las formulas dadas por el Technical Report N°34 se tiene la resistencia a compresión del concreto ($f'c$) y el módulo de la subrasante (k) el cual se determina mediante la utilización de la **Figura 15**, que viene a ser una gráfica semilogaritmico que está en función al CBR, siendo como dato del proyecto real, que la subrasante presenta un CBR de 30% por ende (k) tendrá un valor de 0.085 N/mm³, lo cual significa que la subrasante es muy buena, por lo cual no requiere necesariamente un mejoramiento de suelos con cal, cemento o escoria. Siendo así que la estructura del pavimento rígido según el método Británico Technical Report N°34, va constar de un espesor de losa mínimo de 19.00 cm sobre la subrasante.

Es decir, que va depender del diseñador que valor de espesor asumir para la realización del proyecto, teniendo en cuenta el tiempo y costo que implica el procesamiento constructivo del pavimento, por ejemplo en el tramo de la Avenida de la cultura entre el cóndor Apuchin y la Av. Tomas Tuyrutupac, se empleó un espesor de losa de 22.50 cm para una dosificación de 20 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto, siendo correcto el diseño efectuado puesto que se obtuvo como resultado que el mínimo espesor que se debe emplear es de 19 cm tanto para 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras de acero Wirand FF1 por metro cubico de concreto.

Figura 241.

Estructura del pavimento rígido según el método Británico TR-34





La incorporación de fibras metálicas de acero Wirand FF1, logra un incremento sustancial en las propiedades de compresión, tracción y flexión como se vio en la parte experimental con los especímenes cilíndricos y prismáticos esto gracias a la distribución tridimensional de las fibras dándole a la losa una mayor resistencia a las sollicitaciones de carga durante su vida útil.

Por otra parte, se tendrá un ahorro de tiempo y costo dado por la utilización de fibras de acero debido a la eliminación de costos de colocación y control del cuadro convencional, además que el camión de concreto puede acceder directamente hasta el sitio de colocación evitando así gastos en la utilización de bombas de concreto y que las fibras de acero pueden ser añadidas directamente al mixer con la mezcla lista o en planta en el proceso de introducción de los agregados, como se mostró en el Capítulo II: Marco Teórico del procedimiento constructivo de un pavimento con refuerzo.

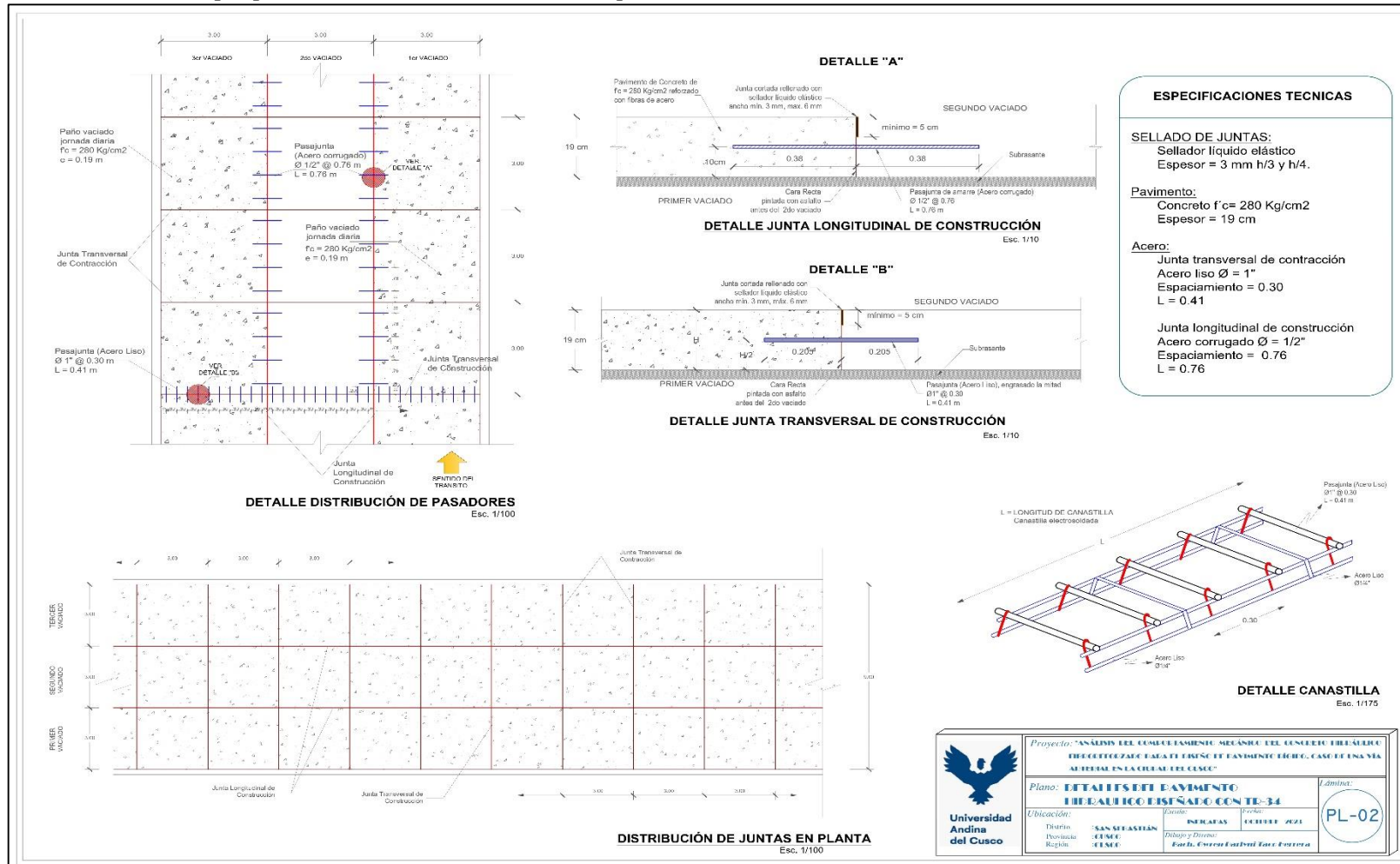


4.6.1 Detalles del pavimento diseñando según el método Británico Technical Report N° 34

Se realizaron los planos de detalle de secciones viales de acuerdo a los espesores hallados con el método TR- 34 y los parámetros del MTC.

Figura 242.

Detalles de secciones viales propuestas de acuerdo al diseño de pavimento TR-34





4.7 Resultados del diseño AASHTO 93

Se realizó el diseño de pavimento rígido mediante la utilización del manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) donde se detalla los procedimientos del diseño y las tablas utilizadas para la determinación del espesor de la losa de concreto, siendo así que los datos más importantes para el diseño de pavimento rígido según AASHTO son: la transferencia de carga (J) y la confiabilidad.

Para determinar el módulo de reacción de la subrasante (k) fue a través de las formulas proporcionadas por la misma AASHTO. Para una base granular de 15 cm obtenemos que el espesor de la losa es igual a 30 cm a través de la fórmula de AASHTO o el empleo del software denominado “Ecuación AASHTO 93” para obtener el espesor de la losa.

En la **Figura 243** se aprecia la estructura del pavimento rígido mediante el método de diseño AASHTO 93, el cual consta de la losa del concreto, base granular y la subrasante.

Figura 243.

Estructura del pavimento rígido según el método AASHTO 93



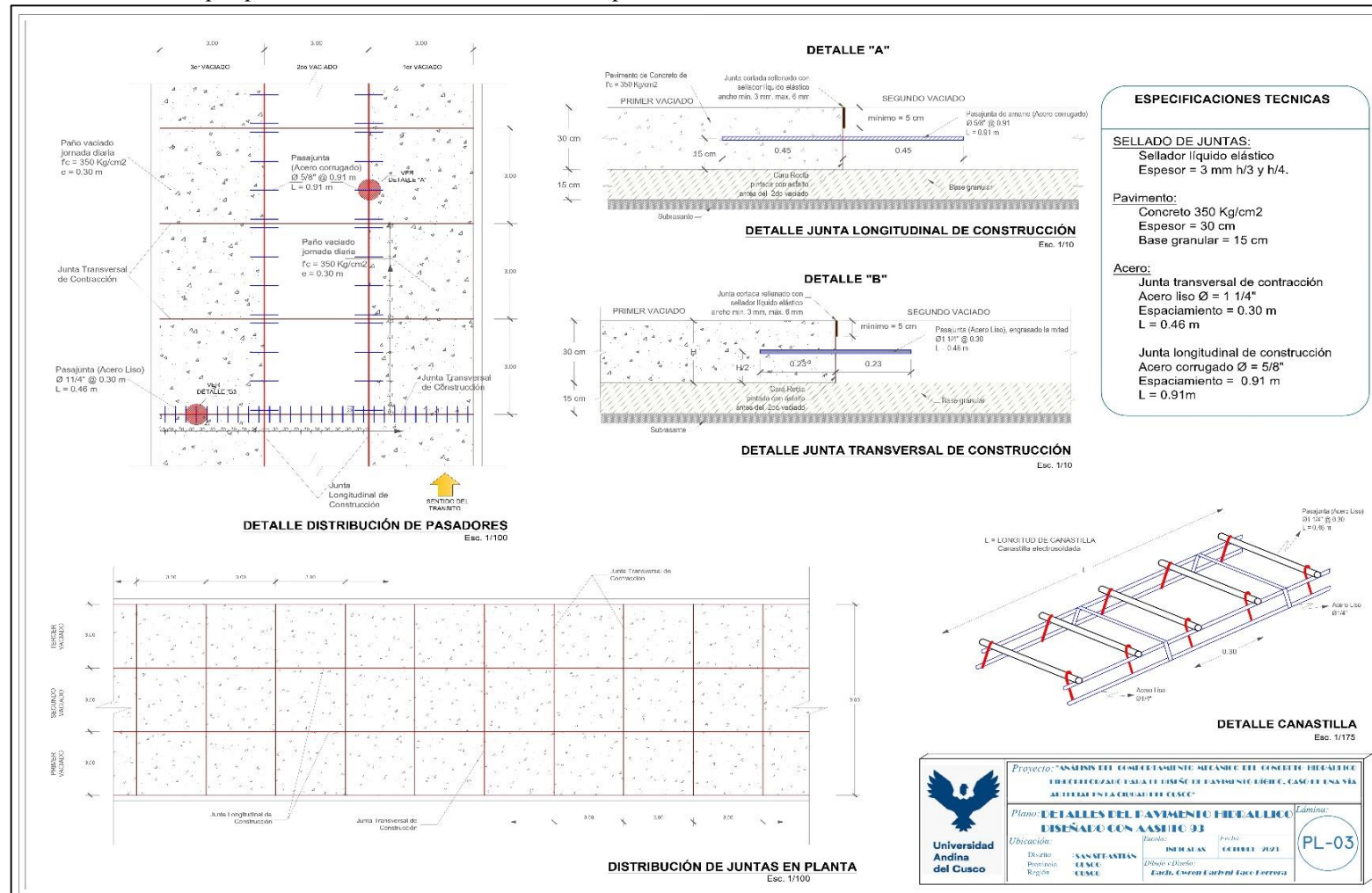


4.7.1 Detalles del pavimento diseñando según el método AASHTO 93

Se realizaron los planos de detalle de secciones viales de acuerdo a los parámetros que otorga el MTC en el método de diseño AASHTO 93.

Figura 244.

Detalles de secciones viales propuestas de acuerdo al diseño de pavimento AASHTO 93





4.8 Análisis comparativo del concreto fibroreforzado frente al concreto tradicional.

4.8.1 Acerca del Diseño

Una de las diferencias que se pueden encontrar en los parámetros de diseño es la propiedad del concreto: en el AASHTO se utiliza la transferencia de carga (J) y la confiabilidad; en el TR-34 la resistencia a compresión. Por otro lado, cuando se diseña con el método AASHTO 93 el espesor del pavimento, un requerimiento es la cantidad de tránsito en función a los EE (Ejes Equivalentes), sin embargo en el TR-34 se utiliza la carga más grande en la vida útil del pavimento ya que se trabaja con límites de esfuerzo.

Para los dos diseños se utilizan los mismos parámetros en lo que respecta al CBR, teniendo un valor de 30% para efectuar los cálculos correspondientes propios de cada metodología; sin embargo en lo que respecta a los factores de seguridad son distintos ya que la metodología de diseño es diferente.

4.8.2 Procedimiento constructivo

Las fibras tienen una ventaja con respecto a las losas de concreto simple, puesto que contribuyen en todo su espesor gracias a la distribución tridimensional de las fibras que se obtiene un pavimento homogéneamente resistente a las solicitaciones bajo las cuales estará sometido durante su vida útil. Puesto que se obtuvo como resultado que el concreto fibroreforzado presenta un mejor comportamiento mecánico frente a un concreto sin refuerzo mediante la verificación de los especímenes prismáticos y cilíndricos que fueron ensayados a compresión, tracción y flexión.

No se necesita mano de obra calificada para agregar la fibra al concreto pre mezclado, solo se requiere de un técnico que instruya al personal sobre la adecuada utilización de la fibra ya que se puede añadir directamente al mixer con la mezcla lista o en planta en el proceso de introducción de los agregados, como se mostró en el Capítulo II: Marco Teórico del procedimiento constructivo de un pavimento con y sin refuerzo.

4.8.3 Factor Económico

El pavimento fibroreforzado por tener un espesor menor comparado con el pavimento tradicional conlleva a que el volumen de concreto utilizado sea menor y por ello el tiempo para la construcción de la losa se reduzca, ahorrando tiempo y dinero en lo que respecta a la mano de obra y también se reduzca los gastos de emplear una base granular a diferencia del método AASHTO 93. Siendo así que es recomendable la utilización del concreto reforzado con fibras metálicas en la colocación de pavimentos donde exigen altas solicitaciones de carga pesada.



4.9 Ventajas y desventajas entre el método de diseño TR-34 y AASHTO 93

Se muestra en la **Tabla 35** las ventajas y desventajas de emplear el método de diseño Británico Technical Report N° 34 y el método AASHTO 93.

Tabla 35.

Ventajas y desventajas entre el método de diseño TR-34 y AASHTO 93

	Método Británico Technical Report N° 34	Método AASHTO 93
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para el desarrollo del diseño se necesita una menor cantidad de datos para la realización del diseño por medio de fórmulas matemáticas a comparación del método AASHTO. ✓ Al emplear el método Británico Technical Report N° 34, se obtiene un menor espesor de losa, gracias a la adición de fibras metálicas que garantizan una distribución tridimensional obteniendo un pavimento homogéneamente resistente a las sollicitaciones bajo las cuales estará sometido durante su vida útil. ✓ Las fibras de acero pueden ser añadidas directamente al mixer con la mezcla lista o en planta en el proceso de introducción de los agregados. ✓ El método nos proporciona una reducción de costos al no emplear una base granular puesto que la losa se coloca sobre la subrasante por que se tiene un CBR de 30%, siendo así que se optimiza el tiempo de la construcción y el dinero en la mano de obra, equipos y materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su proceso constructivo se puede realizar mediante la utilización de un mixer o con bombas de concreto, si en caso no se puede acceder a la zona de intervención.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para emplear el método, es necesario la adición de fibras puesto que es un dato de entrada como se vio en el desarrollo de las fórmulas para los diseños con 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas por metro cubico de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para su realización se emplea tablas según el manual de Suelos, Geotécnica, Geología y Pavimentos (2014), siendo así que la realización del método es más extenso a comparación del método TR-34. ✓ De debe realizar una capa granular como base para la losa del pavimento, lo cual significa un incremento en el presupuesto de ejecución.



Capítulo V: Discusión

En la investigación se evaluó las propiedades mecánicas (compresión, tracción y flexión), de un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, Concreto patrón; respecto a otros concretos con dosificaciones de $20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ y $50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1.

En el desarrollo de la investigación se han planteado ciertos cuestionamientos, que se detallan a continuación:

5.1 Contraste de resultados respecto a los antecedentes o con referentes del marco teórico

Discusión N°1: ¿Por qué razón se debe emplear el método de diseño Technical Report N°34 a comparación del método de diseño AASHTO 93?

El presente estudio se enfocó en el Método de diseño Technical Report N°34 - Británico a través del Método “Yield Line Theory”, el cual determina la carga de colapso y la compara con la resistencia última de la losa. Se calculan los momentos positivos y negativos generados por las cargas aplicadas y la capacidad para momentos y punzonado según las características de la losa fibroreforzada. Por otro lado, cuando se diseña con el método AASHTO el espesor del pavimento, un requerimiento es la cantidad de tránsito en función a los EE (Ejes Equivalentes), sin embargo en el TR-34 se utiliza la carga más grande en la vida útil del pavimento ya que se trabaja con límites de esfuerzo.

Discusión N°2: ¿Por qué razón se utilizaron fibras metálicas Wirand FF1?

Las fibras metálicas Wirand FF1 tienen dobleces en los extremos que permite mejorar la adherencia de la fibra dentro de la matriz del concreto además que cumple con la Norma ASTM A820, tipo 1: Alambre de acero trefilado a frío.

Las fibras de acero brindan refuerzo a la losa de concreto en todas las direcciones, lo que garantiza un control eficaz de la fisuración e incremento de la capacidad de carga gracias a una mejor distribución de las tensiones, siendo uno de sus aportes más importantes en base a lo mencionado en el Manual técnico de Fibras como elemento estructural para el refuerzo de concreto de Maccaferri. Adicional a ello, la fibra metálica Wirand FF1, es una fibra comercial la cual puede adquirirse fácilmente en nuestro medio y cuenta con una alta relación de esbeltez, por ende se puede reducir el espesor de la losa ocasionando una reducción en costo de ejecución tal como indica el antecedente nacional: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN EL CONCRETO EMPLEADO PARA PAVIMENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISTAS EN LA PROVINCIA DE HUAMANGA –AYACUCHO”, donde empleo el uso de las fibras metálicas Wirand FF1, recomendando su utilización.



Discusión N°3: ¿Por qué razón se utilizaron dosificaciones de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1?

Se utilizaron las dosificaciones de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1 debido a que el método de diseño Technical Report N°34 establece que las dosificaciones varían desde $20 \frac{kg}{m^3}$, $25 \frac{kg}{m^3}$, $30 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$, $40 \frac{kg}{m^3}$, $45 \frac{kg}{m^3}$ hasta $50 \frac{kg}{m^3}$, motivo por el cual se optó por tomar el mínimo valor, el intermedio y el máximo valor para poder verificar las mejoras en las propiedades mecánicas del concreto mediante especímenes prismáticos y cilíndricos.

Discusión N°4: ¿Se encontró correlación entre los resultados obtenidos en la tesis con los resultados de los antecedentes?

Si se encontró una correlación con los resultados de la investigación, debido a que existe un incremento de la resistencia a compresión, tracción y flexión, en base a los antecedentes.

Respecto al antecedente: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN EL CONCRETO EMPLEADO PARA PAVIMENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISTAS EN LA PROVINCIA DE HUAMANGA –AYACUCHO", en el cual se tiene un concreto con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y un tipo de fibra FF1 para 20 kg/m^3 , realizando ensayos de probetas cilíndricas y prismáticas donde se obtuvo un incremento en las propiedades de compresión y flexión en el cual los valores obtenidos son mayores en función a la edad del especímenes. En caso del estudio realizado también se presenta un incremento en las propiedades mecánicas en función a la edad de los especímenes cilíndricos y prismáticos.

Respecto al antecedente: "PAVIMENTOS RÍGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS PAVIMENTOS TRADICIONALES.", en la cual se logra verificar las ventajas de utilizar el método de diseño TR-34 comparado con el método PCA tomando como ejemplo un proyecto real, donde recomienda la utilización de concreto reforzado con fibras en pavimentos donde exigen alta sollicitaciones de carga pesada debido a que la fibra ofrece minimizar el comportamiento frágil del concreto.

La investigación emplea el método de diseño TR-34 en base al antecedente antes mencionado para una vía arterial de la ciudad del Cusco, donde se verificó las ventajas en el comportamiento mecánico del concreto reforzado frente a un concreto patrón obteniendo resultados favorables.

Respecto al antecedente: "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", en el cual se obtiene



una mejora para una dosificación de fibra de $20 \frac{kg}{m^3}$ de un concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, obteniendo a compresión de las probetas ensayadas a 28 días con fibra FF3 una variación del 15% frente al concreto patrón, siendo las fibras FF3 de 5 cm de largo y su resistencia a tracción de acero > 1200 ; en caso de la investigación el tipo de fibra en estudio es la FF1 de 5 cm de largo y resistencia a tracción de acero > 1050 , donde se obtuvo un 16.72% para $20 \frac{kg}{m^3}$ de un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Siendo así que se tiene el incremento a compresión que está en función a la dosificación de la fibra y el tipo de fibra empleada, en caso del ensayo de flexión también se obtiene mayores resultados en el módulo de rotura que están en función a la edad de ensayo.

Respecto al antecedente: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS”, en el cual indica que las fibras de acero ofrecen un mejor comportamiento mecánico en compresión y flexión en los especímenes ensayados en comparación a la utilización de otras fibras de vidrio, PET y cáñamo. En la investigación se empleó el uso de fibras metálicas Wirand FF1 donde se tuvo incremento en resistencia a compresión, tracción y flexión.

5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

Discusión N°5: ¿Cómo fue la variación del revenimiento del concreto adicionado con fibras metálicas, respecto a la del concreto patrón?

La inclusión de fibras metálicas Wirand FF1 en el concreto, ocasiona que se disminuya la trabajabilidad, lo cual significa que el Slump disminuirá frente al concreto patrón, en base a los resultados obtenidos se tiene una mezcla que se encuentra en transición de una consistencia seca-plástica.

Discusión N°6: ¿Cuáles son las variaciones de la resistencia a compresión del concreto adicionado con fibras metálicas, respecto a la del concreto patrón?

El aporte de las fibras a la resistencia a la compresión del concreto es que evita que se tenga una falla frágil, dándole ductilidad al compuesto.

De los datos obtenidos se tiene que la adición de fibras al concreto genera que la resistencia inicial a la compresión aumente considerablemente frente al concreto patrón, en un 4.27% para adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, 24.63% para adición de $35 \frac{kg}{m^3}$ y 43.55% para adición de $50 \frac{kg}{m^3}$. Sin embargo, esta se va estabilizando hasta llegar a una resistencia del 16.72% para $20 \frac{kg}{m^3}$, 34.52% para $35 \frac{kg}{m^3}$ y 43.80% para $50 \frac{kg}{m^3}$ de la fibra Wirand FF1 a los 28 días.



Discusión N°7: ¿Cuáles son las variaciones de la resistencia a la tracción indirecta del concreto adicionado con fibras metálicas, respecto a la del concreto patrón?

La adición de fibras de concreto genera que la resistencia inicial a tracción indirecta aumente significativamente frente al concreto patrón en un 5.06% para adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, 16.79% para adición de $35 \frac{kg}{m^3}$ y 21.71% para adición de $50 \frac{kg}{m^3}$, sin embargo esta se va estabilizando hasta llegar a una resistencia de 5.42% para adición de $20 \frac{kg}{m^3}$, 23.57% para adición de $35 \frac{kg}{m^3}$ y 34.94% para adición de $50 \frac{kg}{m^3}$, de fibra metálica Wirand FF1 a los 28 días de curado.

Discusión N°8: ¿Cuáles son las variaciones de la resistencia a la flexión del concreto adicionado con fibras metálicas, respecto a la del concreto patrón?

Los valores obtenidos del módulo de rotura presentados en la tabla de resultados finales en base a los ensayos de flexión de las probetas prismáticas, para cada tipo de concreto empleado, cumplen con lo establecido por el Reglamento Nacional de edificaciones, Norma C.E.010 “Pavimentos Urbanos” donde indica que se debe tener como mínimo un valor de Modulo de Rotura (MR) de 3.4 Mpa.

Se presenta una notable mejoría utilizando el concreto fibroreforzado, el aumento de resistencia a la flexión esta dado principalmente por las características de la fibra y la dosificación.

La resistencia a la flexión del concreto, a través del módulo de rotura a la flexión, aumenta de valor con la fibra Wirand FF1 en base a las dosificaciones de $20 \frac{kg}{m^3}$, $35 \frac{kg}{m^3}$ y $50 \frac{kg}{m^3}$, por ende a mayor dosificación significarán una mayor resistencia a flexión.

Para los 28 días de curado se tiene un aumento significativo frente al concreto patrón de 39.73% para $20 \frac{kg}{m^3}$, 54.00% para $35 \frac{kg}{m^3}$ y 57.28% para $50 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1.

El paramento de Modulo de Rotura (MR) es muy importante para el diseño de pavimentos rígidos.

La carga que resiste el concreto es mucho mayor a un concreto sin refuerzo, si se tiene una carga mayor, el módulo de rotura a la flexión será mayor.

5.3 Comentario de la demostración de la hipótesis

Discusión N°9: ¿Cómo resulto la adición de fibras metálicas al concreto, en la evaluación del comportamiento mecánico?

En la investigación se obtuvo como resultado las mejorías en la resistencia a la compresión, tracción y flexión, respetando los procedimientos de diseño y las dosificaciones de



$20\frac{kg}{m^3}$, $35\frac{kg}{m^3}$ y $50\frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1, siendo así que respecto a las características de las fibras es la incidencia en el comportamiento del concreto cuando se utiliza como refuerzo, es decir el tipo de fibra, la dosificación y las características físicas son los principales parámetros para determinar el aumento en la resistencia a compresión, tracción y flexión, como se evidencia en los resultados, evitando que el concreto se separe una vez ocurrida la primera falla y elimine la propagación de fisuras.

5.4 Aporte de la investigación

Discusión N°10: ¿Por qué se evaluó el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras metálicas Wirand FF1 frente a un concreto patrón?

Se realizó la evaluación del comportamiento mecánico del concreto hidráulico con adición de fibras de acero con el fin de proveer una guía de construcción segura y funcional que pueda ser utilizada por distintos profesionales y de esta manera, contribuir con la implantación de nuevas tecnologías en el mercado para mejorar la productividad y la competitividad en la construcción de este tipo de estructuras, puesto que se detallan los procedimientos y alcances obtenidos con el uso de fibras metálicas Wirand FF1 en la presente tesis.



Glosario

Asentamiento: Propiedad de la consistencia, la cual se usa para determinar su trabajabilidad en el concreto.

Agregado: Mezcla de arena y piedra de granulometría variable, empleada en la elaboración de mortero, concreto, etc.

Agregado fino: Agregado que pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg.), pasa casi totalmente por el tamiz de 4.75 mm (N°.4) y se retiene predominantemente en el tamiz de 75 mm (N°. 200).

Agregado Grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

Agrietamientos: son aberturas producidas por contracción y expansión del concreto en estado plástico, el cual no tuvo un tratamiento adecuado, las cuales se originan en las superficies de los elementos cuando sobrepasan un espesor de 3 milímetros.

Análisis Granulométrico: Procedimiento para determinar la granulometría de un material ó la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

Cangrejeras: Espacios vacíos o de aires que se producen en los elementos de concreto por deficiencia o por exceso de vibrado.

Concreto en estado fresco: Concreto recién mezclado y aún plástico y trabajable.

Concreto endurecido: concreto en el estado sólido que haya desarrollado una cierta resistencia.

Curado: Es el proceso mediante el cual se aplica diferentes métodos de hidratación al concreto en estado endurecido y a una temperatura favorable, por un periodo de tiempo razonable según sea el caso, para que mediante este proceso garantice la hidratación y el endurecimiento satisfactorio de materiales cementantes.

Densidad: Masa por unidad de volumen.

Diseño de mezcla: Proceso mediante el cual se proyecta el diseño de una determinada mezcla, para una resistencia determinada.

Dosificación: Selección de las proporciones de los elementos a fin de utilizar los materiales disponibles de la manera más económica posible para producir un mortero u hormigón con las propiedades requeridas.

Ensayo de compresión: Se usa para determinar la resistencia de la probeta cilíndrica en forma vertical, se mide en kg/cm².

Ensayo de flexión: Se usa para determinar la resistencia de las losas y vigas, el ensayo determina el módulo de rotura que tiene el concreto.



Ensayo de tracción indirecta: Se usa para determinar la resistencia a la tracción indirecta de la probeta cilíndrica en forma horizontal en una prensa a la que se aplica una fuerza hasta que falle por la longitud de su diámetro., se mide en kg/cm².

Espécimen: Muestra, modelo, ejemplar, normalmente con las características de su especie muy bien definidas.

Fibras de acero: Son fabricadas de alambres de acero trefilado en frío, las cuales aseguran una alta resistencia a la tracción.

Fisura: Se le denomina a si a la aparición de grietas muy delgadas en la superficie del concreto, estas se originan por los esfuerzos de tensión, la cual supera a los esfuerzos del concreto, pérdida excesiva de agua y malas prácticas constructivas.

Mezcla: Unión de dos o más sustancias en proporciones variables; que conservan sus propiedades.

Pavimento: Es la superficie de rodadura formada por capas compactadas de materiales especificados en el diseño, construida sobre la base de la vía.

Pavimento Rígido: Es aquel cuyos materiales empleados en la superficie de rodadura conforman una estructura rígida.

Relación agua/cemento: Es la que controla el poder adhesivo de la pasta que recubre y rodea a los agregados, y que al endurecerse mantiene unida a toda la pasta. Es la cantidad real de agua que se requiere para hidratar al cemento, para mejorar su poder adhesivo.

Tensión: Es la fuerza en la que un elemento es estirado en sus extremos, el acero tiene la característica de soportar grandes fuerzas de este tipo, en cambio el concreto no resiste este tipo de fuerzas.

Nomenclatura

MR	Módulo de Rotura
TM	Tamaño máximo del agregado
TMN	Tamaño máximo nominal del agregado

Abreviaturas

ACI	American Concrete Institute o Instituto Americano del Concreto.
ASTM	American Society of Testing Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales)
FF1	Fibras para pisos 1 (Fiber Flooring 1)
PCA	Asociación de cemento Portland (Portland Cement Association)
TR-34	Reporte Técnico N° 34 (Technical Report N°34) es una guía Británica para el diseño.



Conclusiones

Conclusión N°1

Se demostró la Hipótesis General que indica:” La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a compresión en un 15% - 40%, tracción indirecta en un 5% - 30% y flexión en un 35% - 50%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco”. Debido a que el concreto adicionado con fibras metálicas Wirand FF1 para un $f'c=280$ kg/cm² presenta mejores resultados respecto al comportamiento mecánico en comparación al concreto patrón, tanto para la resistencia a compresión, tracción y flexión, como se observa en la **Tabla 32. Resultados finales de resistencia a compresión clasificada por dosificación y edad. Tabla 33. Resultados finales de resistencia a Tracción Indirecta clasificado por dosificación y edad. Tabla 34.**

Resultados finales de la Resistencia a Flexión clasificado por dosificación y edad.

Siendo crucial el tipo de fibra y la dosificación para determinar las mejoras en las propiedades mecánicas, con respecto al diseño de pavimento rígido se obtuvo que el diseño óptimo para el pavimento es una losa de 19.00 cm de espesor como mínimo, el cual puede ser con una dosificación de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto.

Conclusión N°2

Se demostró la Sub Hipótesis N° 01: “La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a compresión en un 15% - 40%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco”. Debido a que se obtuvo el aumento de valores en compresión con la adición de fibras metálicas Wirand FF1 a comparación del concreto patrón, donde se observó mediante los gráficos de resultados que el incremento de resistencia a compresión está en función a la dosificación de la fibra y el tipo de fibra empleada, siendo el incremento a la resistencia una ventaja para efectos constructivos. De los datos obtenidos se tiene que se presentó mejoras en la resistencia a la compresión frente al concreto patrón del 16.72% para $20 \frac{kg}{m^3}$, 34.52% para $35 \frac{kg}{m^3}$ y 43.80% para $50 \frac{kg}{m^3}$ de las fibras metálicas Wirand FF1 a los 28 días de curado. El aporte de las fibras a la resistencia a la compresión del concreto es que evita que se tenga una falla frágil, dándole ductilidad al compuesto.



Conclusión N°3

Se demostró la Sub Hipótesis N° 02: “La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a tracción indirecta en un 5% - 30%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.”

Debido a que la resistencia a la tracción indirecta mejoro con la adición de fibras metálicas Wirand FF1, obteniendo el mejor resultado cuando se adiciona $50\frac{kg}{m^3}$ de fibra y se realizó el ensayo a los 28 días de curado, obteniendo un incremento del 34.94% frente al concreto patrón, siendo así que la mejora de la resistencia a tracción está correlacionada a la dosificación de la fibra, teniendo un 5.42% para adición de $20\frac{kg}{m^3}$ y 23.57% para adición de $35\frac{kg}{m^3}$. Las fibras metálicas modifican el comportamiento frágil del concreto gracias a los puentes de transferencia de esfuerzos que genera. Se logra ductilizar la falla y controlar la propagación de fisuras.

Conclusión N°4

Se demostró la Sub Hipótesis N° 03: “La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a flexión en un 35% - 50%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco”. Debido a que se obtuvo el aumento de valores en flexión con la adición de fibras metálicas Wirand FF1 a comparación del concreto patrón, ya que aumento la capacidad de absorción de energía por parte de las fibras, al generar una mayor disipación, evitando que la probeta prismática se separe como sí ocurrió con el concreto sin refuerzo, evidenciándose el trabajo post- fisuración.

La resistencia a la flexión del concreto, a través del módulo de rotura a la flexión, aumenta de valor con la fibra Wirand FF1 en base a las dosificaciones de $20\frac{kg}{m^3}$, $35\frac{kg}{m^3}$ y $50\frac{kg}{m^3}$, por ende a mayor dosificación significarán una mayor resistencia a flexión. Donde se verificó que el Modulo de rotura es mayor que 3.4 MPa, cumpliendo con lo establecido en la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Obteniendo el mayor valor para $50\frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas Wirand FF1 un incremento de 57.28% frente al concreto sin refuerzo, Seguidamente se tiene un 39.73% para $20\frac{kg}{m^3}$ y 54.00% para $35\frac{kg}{m^3}$ para los 28 días de curado.



Recomendaciones

Recomendación N°1

Es importante conocer el tipo de fibra que se empleará para cada proyecto en específico, ya que la buena selección de los materiales daría mejores resultados en la mezcla, al usar el Wirand FF1 se tendría la variación en la composición del concreto lo que garantizaría la calidad del diseño. Se recomienda ampliar el presente estudio con información de otras experiencias de concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF1 en lo referente a pruebas en obra y ventajas económicas.

Recomendación N°2

Se recomienda realizar en el proceso de mezclado una correcta dispersión de fibras en todo el volumen aunque es bastante dificultoso o casi imposible garantizar una perfecta homogeneidad de fibras dentro de la mezcla, sin embargo, se pueden tener ciertas recomendaciones obtenidas gracias a la experiencia de proyectos asociados a la empresa “Maccaferri”.

Primeramente, para realizar una mezcla homogénea de refuerzo de fibra es preeminente tener una granulometría de agregados bien graduada, ya que de esto depende como se van a adherir los filamentos dentro la mezcla. Seguidamente, las fibras deben introducirse de manera gradual, ya que de ser agregadas de manera abrupta estas pueden aglomerarse en pequeñas zonas ocasionando que no se genere la red tridimensional en todo el espesor y en toda el área esperada. Siendo así que este factor es muy importante en los resultados, ya que de no existir una red bien distribuida puede generar que el concreto falle o se fisure en donde no haya filamento, lo cual hará que su resistencia sea menor o no se refleje la ductilidad requerida.

Recomendación N°3

Para garantizar una correcta distribución de fibras en todo el volumen y se cumpla la función de red tridimensional con resistencia post- fisuración, es óptimo aplicar una dosificación mínima de $20 \frac{kg}{m^3}$ de fibra metálica adicionado en el concreto, con lo cual se asegura que de aparecer una fisura de falla en el pavimento, habrán filamentos que cumplan la función principal de disipar las tensiones como puentes de transferencia como se evidencio en los resultados.

Recomendación N°4

Se recomienda emplear en nuevas investigaciones dosificaciones de $25 \frac{kg}{m^3}$, $30 \frac{kg}{m^3}$, $40 \frac{kg}{m^3}$ y $45 \frac{kg}{m^3}$ de fibras metálicas adicionadas en el concreto, para evaluar el comportamiento mecánico a compresión, tracción indirecta y flexión, a fin de obtener resultados más claros y comprobar la respuesta de la adición de fibras Wirand FF1 en las propiedades mecánicas del concreto.



Referencias

- AASHTO T-193. (2006). *Primer taller de mecanica de suelos*. Obtenido de Primer taller de mecanica de suelos.
- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnologia del Concreto (teoria y Problemas)*. Lima,Perú: San Marcos E.I.R.L.
- Aceros Arequipa. (10 de Octubre de 2022). *Aceros Arequipa*. Obtenido de Aceros Arequipa: <https://www.construyendoseguro.com/aprende-el-procedimiento-para-elaborar-probetas-de-concreto/>
- ACI-211. (2012). *Practica Estándar para Seleccionar el proporcionamiento de Concreto al Peso Normal, Pesado y Masivo*. Michigan: American Concrete Institute.
- Amaya Alarcón, S., & Ramirez Zapata, M. A. (2019). Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- CEO ACADEMY. (26 de Enero de 2022). *CEO ACADEMY*. Obtenido de CEO ACADEMY: <https://ceoacademy.edu.pe/diseno-estructural-de-pavimentos/>
- Cornejo. (2009). Análisis comparativo entre métodos de diseño de estructuras de pavimento rígido. (*Tesis de pregrado*). Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", El Salvador.
- CuscoPost. (03 de Diciembre de 2020). “No queremos borrar huellas del delito, solo reparar” dijo el Alcalde de Cusco ante labores de mantenimiento en pistas onduladas de Av. La Cultura. *Cusco Post*, pág. 2.
- de la Cruz Mercado, W. R., & Quispe Ccahuin, W. R. (2014). Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la Provincia de Huamanga-Ayacucho. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Huancavelica., Huancavelica.
- Edificaciones, R. N. (2010). *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Gutierrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construccion*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación 6ta edición*. Mexico: McGraw-Hill.
- INDECOPI. (2013). *Cemento Portland. Requisitos*. Lima: El Peruano.



- InfoGraph. (26 de Febrero de 2023). *Brückennachweise gemäß*. Obtenido de Brückennachweise https://download.infograph.de/man_de/nachrechnungsrichtlinie.pdf gemäß:
- López Chipre, C., Cabrera Montes, F., & Arroyo Orozco, J. (2019). Determinación de cantidad óptima de Fibra de Acero para la elaboración de Hormigón de Cemento Portland para losas de Pavimentos Rígidos. *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, (pág. 3). Jamaica.
- Maccaferri. (2008). Manual de uso del programa para diseño de pisos industriales en concreto reforzado con fibras de acero. *PAVE 2008*, 25. Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/manual-pave-2008.html>
- Maccaferri. (2009). *Manual tecnico Fibras como elemento estructural para el refuerzo de hormigón*. Maccaferri America Latina.
- Menéndez Acurio, J. R. (2009). *Ingeniería de Pavimentos*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia .
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. *Manual de carreteras*, 121- 212.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. *Manual de Carretera*, 214.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *"Glosario de terminos" de uso frecuente en proyectos de Infraestructura Vial*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (25 de Octubre de 2021). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. Obtenido de Plataforma digital única del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/es/i/344790>
- Ministerio de Vivienda, C. y. (8 de Mayo de 2009). *Norma Tecnica de Edificación E.060*. Obtenido de Norma Tecnica de Edificación E.060: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf
- Montalvo Guevara, M. E. (2015). Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales. (*Tesis de Pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Muñoz, B. F. (2015). Determinación del Efecto del Curado en la Resistencia a Fatiga del Hormigón. (*Tesis*). Universidad Austral de Chile, Valdivia - Chile.



- Ramirez Gonzales, A. (2010). *Metodología de la investigación científica*. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.
- Rivva Lopez, E. (2010). *Materiales para el concreto. 2da edición*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva López, E. (2014). *Diseño de mezclas*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- 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. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas., Lima.
- Technical Report 34. (2016). Technical Report 34: Concrete Industrial Ground Floors - Fourth Edition.
- Toirac Corral, J. (2004). *Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón ; origen y prevención*. Santo Domingo, República Dominicana: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Torres Chung, C. (2019). Diseño de Pavimentos rígidos de concreto fibroreforzado. *Maccaferri America Latina*, 9-11.



Apéndices

Apéndice 01: Matriz de consistencia

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE			
¿De qué manera las fibras adicionadas en el concreto hidráulico influyen en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico, en la ciudad del Cusco?	Determinar la influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco	La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a compresión en un 15% - 40%, tracción indirecta en un 5% - 30% y flexión en un 35% - 50%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.	Concreto adicionado con fibras metálicas Wirand FF1	Adición de 20 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto	Peso por volumen (kg/m3)	Enfoque de investigación: Cuantitativo.
				Adición de 35 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto	Peso por volumen (kg/m3)	
				Adición de 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por m3 de concreto	Peso por volumen (kg/m3)	
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	DEPENDIENTE			
Problema específico N° 1.- ¿Cómo influye la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a compresión del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco?	Objetivo específico N° 1.- Determinar la influencia de la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a compresión del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.	Sub hipótesis N° 1.- La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a compresión en un 15% - 40%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.	Diseño de pavimento rígido	Diseño de pavimento rígido por el método Británico TR-34	Módulo de la subrasante (N/mm3)	Método de investigación: Hipotético Deductivo.
					Coficiente de seguridad (adimensional)	
					Carga más crítica (KN)	
Problema específico N° 2.- ¿Cómo influye la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a la Tracción Indirecta del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco?	Objetivo específico N° 2.- Determinar la influencia de la adición de 20 kg, 35 kg y 50 kg de fibras metálicas Wirand FF1 por metro cubico de concreto en la resistencia a la Tracción Indirecta del concreto hidráulico fibroreforzado frente a un concreto sin refuerzo para el diseño de pavimento rígido, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.	Sub hipótesis N° 2.- La influencia en el diseño de pavimento rígido y su comportamiento mecánico al adicionarle fibras metálicas Wirand FF1, genera mayor resistencia a tracción indirecta en un 5% -30%, caso de una vía arterial en la ciudad del Cusco.	Propiedades Mecánicas	Resistencia a compresión	Esfuerzo (Kg/cm2)	Diseño de la investigación: Experimental
				Resistencia a la Tracción	Esfuerzo (Kg/cm2)	
				Resistencia a la Flexión	Módulo de rotura (Mpa) o (kg/cm2)	



Apéndice 02: Diseño de mezcla



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

INFORME N°: 123-2022

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

PROYECTO:

"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

UBICACIÓN:

Localización : SAN SEBASTIAN
Distrito : SAN SEBASTIAN
Provincia : CUSCO
Region : CUSCO

SOLICITA:

Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

CANTERAS:

Agregado 1	Agregado Fino (arena):	ARENA GRUESA CANTERA COMBAPATA
Agregado 2	Agregado Grueso (Piedra Chancada):	P.CH. 1/2 CANTERA VICHO

CEMENTO:

CEMENTO YURA IP

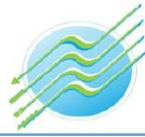
RESISTENCIA:

$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

FECHA:

OCTUBRE - 2022


ASET
INGENIERIA S.R.L.
ING. ELIZABETH TAPIA INGA
CIP. 157724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +61974223624

CARACTERISTICAS FISICAS AGREGADOS

NTP - 339.128 - ASTM - D4318

PROYECTO :	"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"	SOLICITA:	Bach. Gwren Dariyni Taco Herrera
UBICACIÓN :	CUSCO - CUSCO - CUSCO - CUSCO		
CANTERA :	Agregado Fino (arena): ARENA GRUESA CANTERA COMBAPATA	FECHA:	OCTUBRE - 2022
EXTRACCION :	Proporcionado por el solicitante		

MUESTRA : 1 CODIGO : A-01 CLASIFICACIÓN : ARENA GRUESA C

CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) ASTM-D2216

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 2	Unidad
Peso del Molde	19.54	18.66	19.41	gr.
Peso de Muestra Natural	78.12	86.63	91.43	gr.
Peso Muestra seca	74.4	82.31	86.83	gr.
Humedad	6.781	6.787	6.823	%

Contenido de Humedad 6.797 %

PESO UNITARIO SUELTO

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	11592	12090	12089	gr.
Peso de Molde	7086	7435	7454	gr.
Peso de la Muestra	4506	4655	4635	gr.
Volumen del Molde	3033.97	3133.87	3092.50	cm3
Peso Unitario Suelto	1.485	1.485	1.499	gr / cm3

Peso Unitario Suelto Promedio 1.490 gr / cm3

PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	13299	13307	13336	gr.
Peso de Molde	7086	7435	7454	gr.
Peso de la Muestra	6213	5872	5882	gr.
Volumen del Molde	3033.97	3133.87	3092.50	cm3
Peso Unitario Compactado	2.048	1.874	1.902	gr / cm3

Peso Unitario Compactado Promedio 1.941 gr / cm3

ABSORCION

AGREGADO FINO	Ensayo 1	Ensayo 2	Unidad
Peso Muestra Saturada Superf. Sec.	377	274	
Peso Muestra seca	362.67	263.9	
Absorcion	3.95	3.83	%

Absorcion Promedio 3.89 %

PESO ESPECIFICO SECO

AGREGADO FINO	Ensayo 1	Unidad
Peso de Muestra Seca	362.67	gr.
Peso (fiola + muestra sss + agua)	934	gr.
Peso (fiola + agua)	704	gr.
Volumen de la Muestra	149	cm3
Peso especifico	2434	Kg/cm3

Peso Especifico Seco 2434.03 Kg/cm3

ASET
INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
DIP. ISTEI
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS

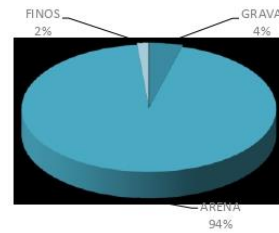
(NTP - 339.128 - ASTM - D4318)

Proyecto : "ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO HIDRAULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"
Solicitante : Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera Región : CUSCO
Cantera : ARENA GRUESA CANTERA COMBAPATA Provincia : CUSCO
Material : Agregado Fino : ARENA GRUESA CANTERA COMBAPATA Distrito : CUSCO
Muestra : "MI" Proporcionando por el solicitante Fecha : OCTUBRE - 2022

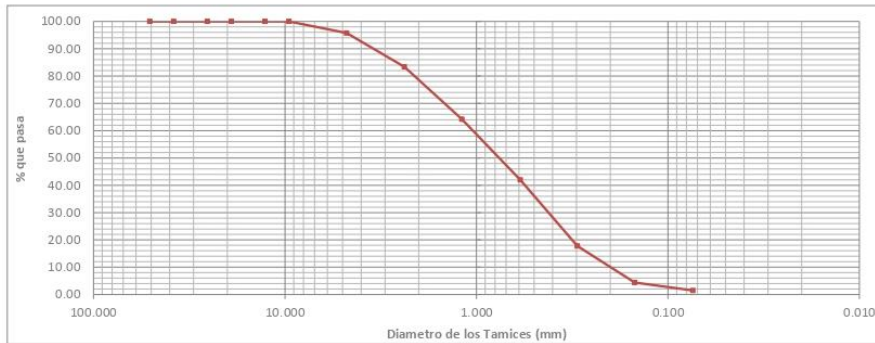
MUESTRA : 1 CODIGO : A-01 CLASIFICACION : ARENA GRUESA CANTERA COMBAPATA

GRANULOMETRIA 1094.00 gr.

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO %	PASANTE %
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.760	46.14	4.22	95.78
Nº 8	2.380	135.36	12.38	83.40
Nº 16	1.190	209.88	19.20	64.21
Nº 30	0.590	243.20	22.24	41.96
Nº 50	0.297	264.18	24.16	17.80
Nº 100	0.149	146.58	13.41	4.40
Nº 200	0.074	31.90	2.92	1.48
Cazuela	0	16.16	1.48	0.00
TOTAL		1093.40	100	



GRAVA	ARENA	FINOS
4.22%	94.30%	1.48%



ASET INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 187724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236646

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

CARACTERISTICAS FISICAS AGREGADOS

ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS

(NTP - 339.128 - ASTM - D4318)

PROYECTO	: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"	SOLICITA:	Bach. Gwren Darilyni Taco Herrera
UBICACIÓN	: CUSCO - CUSCO - CUSCO - CUSCO		
CANTERA	: Agregado Grueso (Piedra Chancada): P.CH. 1/2 CANTERA VICHO	FECHA:	OCTUBRE - 2022
EXTRACCION	: Proporcionado por el solicitante		

MUESTRA : 2 CODIGO : A-02 CLASIFICACIÓN : P.CH. 1/2 CANTERA VICHO

CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) ASTM-D2216

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 2	Unidad
Peso del Molde	19.59	19.49	18.8	gr.
Peso de Muestra Natural	94.75	91.2	92.72	gr.
Peso Muestra seca	94.74	91.19	92.71	gr.
Humedad	0.013	0.014	0.014	%

Contenido de Humedad 0.014 %

PESO UNITARIO SUELTO

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	11601	12044	12007	gr.
Peso de Molde	7086	7435	7454	gr.
Peso de la Muestra	4515	4609	4553	gr.
Volumen del Molde	3033.97	3133.87	3092.50	cm3
Peso Unitario Suelto	1.488	1.471	1.472	gr / cm3

Peso Unitario Suelto Promedio 1.477 gr / cm3

PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	11905	12391	12382	gr.
Peso de Molde	7086	7435	7454	gr.
Peso de la Muestra	4819	4956	4928	gr.
Volumen del Molde	3033.97	3133.87	3092.50	cm3
Peso Unitario Compactado	1.588	1.581	1.594	gr / cm3

Peso Unitario Compactado Promedió 1.588 gr / cm3

ABSORCION

AGREGADO FINO	Ensayo 1	Ensayo 2	Unidad
Peso Muestra Saturada Superf. Sec.	1639	1072	
Peso Muestra seca	1631	1067	
Absorcion	0.49	0.47	%

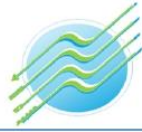
Absorcion Promedio 0.48 %

PESO ESPECIFICO SECO

AGREGADO FINO	Ensayo 1	Unidad
Peso Canastilla Sumergida	0	gr.
Peso de Muestra Sat. Sup. Seca	1639	gr.
Peso (canastilla+muestra) Sumergida	1019	gr.
Peso muestra seca	1631	gr.
Volumen de la Muestra	620.00	cm3
Peso especifico	2631	Kg/cm3

Peso Especifico Seco 2630.65 Kg/cm3





ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS

(NTP - 339.128 - ASTM - D4318)

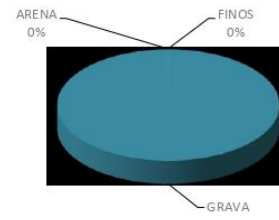
Proyecto : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"
Solicitante : Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera Región : CUSCO
Cantera : P.CH. 1/2 CANTERA VICHO Provincia : CUSCO
Material : Agregado Grueso (Piedra Chancada): P.CH. 1/2 CANTERA VICHO Distrito : CUSCO
Muestra : "M2" Proportcionada por el solicitante Fecha : OCTUBRE - 2022

MUESTRA : 2 CODIGO : A-02 CLASIFICACIÓN : P.CH. 1/2 CANTERA VICHO

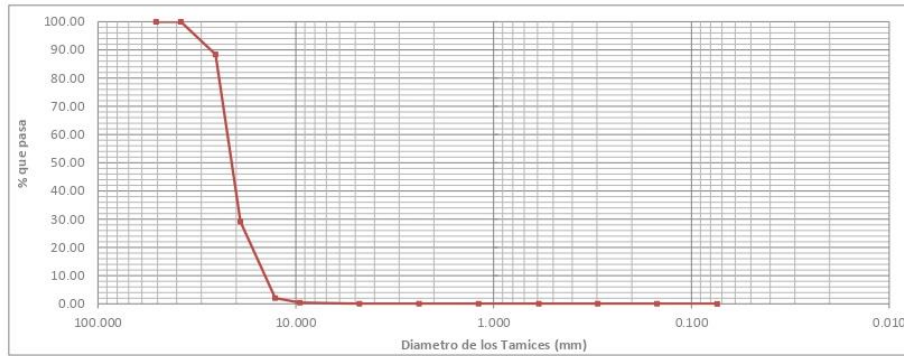
GRANULOMETRÍA

8/01.00 gr.

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO %	PASANTE %
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	1007.00	11.57	88.43
3/4"	19.050	5161.00	59.32	29.11
1/2"	12.700	2358.00	27.10	2.01
3/8"	9.525	137.00	1.57	0.43
N° 4	4.760	36.00	0.41	0.02
N° 8	2.380	0.08	0.00	0.02
N° 16	1.190	0.12	0.00	0.02
N° 30	0.590	0.10	0.00	0.02
N° 50	0.297	0.17	0.00	0.01
N° 100	0.149	0.25	0.00	0.01
N° 200	0.074	0.60	0.01	0.01
Cazuela	0	0.45	0.01	0.00
TOTAL		8700.77	100	



GRAVA	ARENA	FINOS
99.98%	0.02%	0.01%



ASET
INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP 137724
GERENTE GENERAL



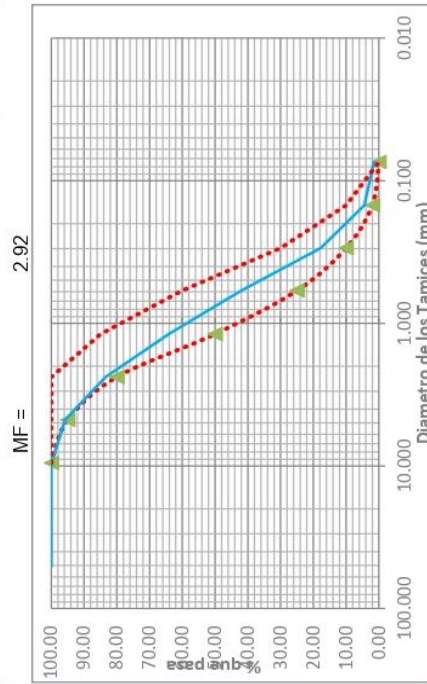
MODULO DE FINEZA

Proyecto : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

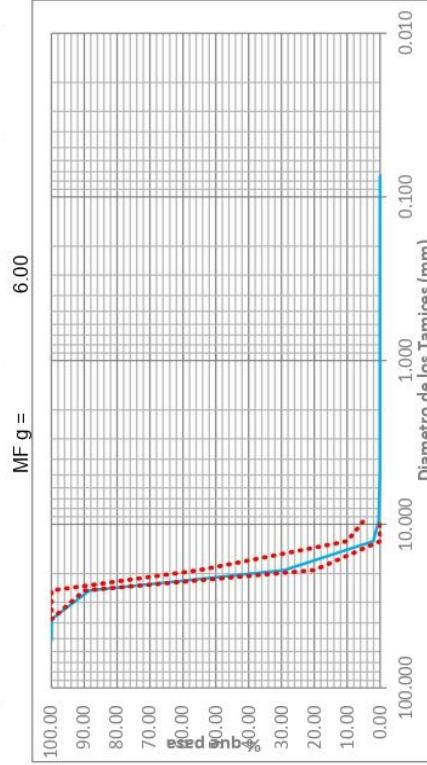
Solicitante : Bach. Gwren Darilyni Taco Herrera

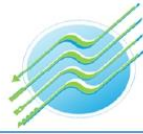
Material : **ARENA GRUESA CANTERA COMBAF Material** Agregado Grueso (Piedra Chancada): P.CH. 1/2 CANTERA VICHU

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETEN. (gr)	RETENIDO %	RETENIDO ACUM. %	PASANTE %
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.760	46.14	4.22	4.22	95.78
Nº 8	2.380	135.36	12.38	16.60	83.40
Nº 16	1.190	209.88	19.20	35.79	64.21
Nº 30	0.590	243.20	22.24	58.04	41.96
Nº 50	0.297	264.18	24.16	82.20	17.80
Nº 100	0.149	146.58	13.41	95.60	4.40
Nº 200	0.074	31.90	2.92	98.52	1.48
Cazuela	0	16.16	1.48	100.00	0.00
SUMA		1093.40	100.00		



TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETEN. (gr)	RETENIDO %	RETENIDO ACUM. %	PASANTE %
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	1007.00	11.57	11.57	88.43
3/4"	19.050	5161.00	59.32	70.89	29.11
1/2"	12.700	2358.00	27.10	97.99	2.01
3/8"	9.525	137.00	1.57	99.57	0.43
Nº 4	4.760	36.00	0.41	99.98	0.02
Nº 8	2.380	0.08	0.00	99.98	0.02
Nº 16	1.190	0.12	0.00	99.98	0.02
Nº 30	0.590	0.10	0.00	99.98	0.02
Nº 50	0.297	0.17	0.00	99.99	0.01
Nº 100	0.149	0.25	0.00	99.99	0.01
Nº 200	0.074	0.60	0.01	99.99	0.01
Cazuela	0	0.45	0.01	100.00	0.00
SUMA		8700.77	100.00		





ASET INGENIERIA SRL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

**DETERMINACION DEL VOLUMEN DE LOS AGREGADOS
METODO DEL ACI**

Proyecto : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"
Solicitante : Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

El comité 211 del ACI parte del criterio que el agregado grueso de tamaño máximo nominal y granulometría esencialmente similares, deberán permitir obtener concretos de trabajabilidad satisfactoria cuando un determinado volumen de agregado grueso, en condiciones de seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto.

La tabla siguiente, elaborada por el comité 211 del ACI es función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino. Ella permite obtener un coeficiente b/b_0 resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, expresado en kg/m^3 .

tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado Grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de finura del fino (b/b_0)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

TMN : 1"
 m_f : 2.92 Módulo de finura Agregado Fino

b/b_0	0.66
---------	------

ASET INGENIERIA S.R.L.
ING. ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

MEZCLA DE CONCRETO

Proyecto : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante : Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

ESPECIFICACIONES

Tipo de Cemento Portland: CEMENTO YURA IP
Resistencia Proyectada $f_c =$ 280 kg/cm²
Asentamiento: 3 pulg 76.2 mm Plastica

RESUMEN DE CARACTERISTICAS FISICAS

CARACTERISTICAS	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Unidad
P. Especifico	2850	2434.03	2630.65	Kg/m ³
P.U. Seco Suelto	1500	1489.78	1477.04	Kg/m ³
P.U. Seco Compactado		1941.18	1587.77	Kg/m ³
Cont. Humedad		6.80	0.01	%
% de Absorcion		3.89	0.48	%
Tamaño Maximo		11/2"	38.10	mm
Tamaño Maximo Nominal		1"	25.40	mm
Modulo de Fineza		2.92		

PROYECCION DE RESISTENCIA MEDIA

Tipo Control en la Elaboracion de la Mezcla de Concreto

Grado de Control	Coefficiente de Variacion (v)	Desviacion Estandar (s)
Inferior	20%	0.25

Posibilidad de Caer debajo del limite inferior

Numero de Muestras	1 en 5	1 en 10	1 en 20	constante "t"
10	0.879	1.372	1.812	1.372

$$f'_{cp} = \frac{f'_c}{1 - t \times v} = 385.89 \text{ kg/cm}^2$$

RESISTENCIA DE DISEÑO

SELECCION DE LA RESISTENCIA REQUERIDA f'_{cr}

Cuando no se conocen estadísticas de la resistencia del concreto (factor de seguridad). Según Norma E.060 Concreto Armado, capítulo 5 Calidad del concreto, mezclado y colocacion, 5.3.2. Resistencia Requerida, tabla 5.3

$f_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f_c + 84 \text{ kg/cm}^3$
$350 \text{ kg/cm}^2 < f_c$	$f'_{cr} = f_c + 98 \text{ kg/cm}^4$

por lo tanto la resistencia Promedio Requerida será: $f_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$

escogemos $f_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$

ASET
INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157704
GERENTE GENERAL



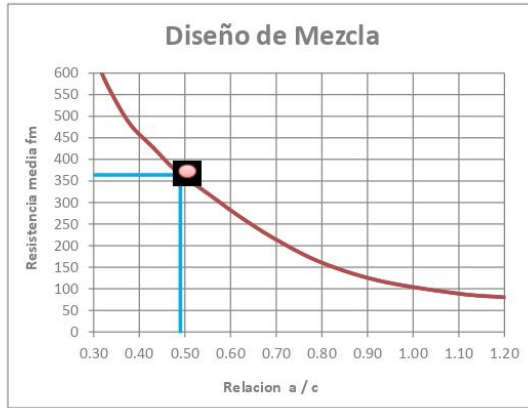
ASET INGENIERIA SRL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

RELACION AGUA / CEMENTO



$$a / c = \frac{\text{Peso Agua}}{\text{Peso Cemento}}$$

RELACION a / c
0.47

CONTENIDO DE AGUA

AGUA = 195 Lts

Slump \ TM	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
5" a mas	240	230	210	205	185	180	170	---

CONTENIDO DE AIRE

Contenido de Aire = 1.5 %

TM	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
cantidad de Aire	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

CANTIDAD DE CEMENTO

$$\text{CEMENTO} = \frac{\text{Peso Agua}}{\text{Relacion a/c}} = 414.89$$

ASET INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	0.146	m3
Agua	0.195	m3
Aire	0.015	m3
Agregados	0.644	m3

VOLUMENES ABSOLUTOS

metodo	PU varillado Agr. Grueso ACI	
factor del agregado FINO		
factor del agregado grueso	b/b ₀ 0.658	
volumen absoluto de agregado grueso	0.397	m3

SELEC:

Agregado Fino	0.247	m3
Agregado Grueso	0.397	m3

PESOS SECOS DE MATERIALES POR m3 DE CONCRETO

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	414.89	kg
Agregado Fino	601.21	kg
Agregado Grueso	1044.96	kg
Agua	195.00	lits

total 2256.07 kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD DE MATERIALES POR m3 DE CONCRETO

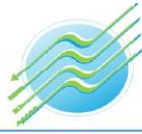
Material	Cantidad	Unidad
Cemento	414.89	kg
Agregado Fino	642.09	kg
Agregado Grueso	1045.06	kg
Agua	181.23	lits

DOSIFICACION OPTIMA

POR m3 de C° + % Desperdicio

Material	OPTIMO	Unidad
Cemento	468.83	kg
Agregado Fino	725.56	kg
Agregado Grueso	1180.92	kg
Agua	204.79	lits

ASET
INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
C.P. 151724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

DOSIFICACIONES FINALES

DOSIFICACIONES FINALES

Material	POR Kg. De Cemento		Por tanda de bolsa de	
	cantidad	Unidad	cantidad	Unidad
Cemento	1.00	kg	42.50	kg
Agregado Fino	1.55	kg	65.77	kg
Agregado Grueso	2.52	kg	107.05	kg
Agua	0.44	lits	18.56	lits

PROPORCIONES EN VOLUMEN APARENTE

Material	cantidad	Unidad	volumen por m3 de C°		Proporcion por m3 de	
			cantidad	Unidad	cantidad	Unidad
Cemento	468.83	kg	11.03	bls	11.58	bls
Agregado Fino	725.56	kg	0.49	m3	0.51	m3
Agregado Grueso	1180.92	kg	0.80	m3	0.84	m3
Agua	204.79	lits	204.79	L	215.03	L

PROPORCIONES EN VOLUMEN APARENTE

POR bolsa de Cemento

Material	cantidad	Unidad	cantidad	Unidad
Cemento	1.00	bls	1.00	bls
Agregado Fino	0.0441	m3	1.64	pie3
Agregado Grueso	0.0725	m3	2.68	pie3
Agua	18.56	lits.	18.56	lits.

PROPORCIONES - DOSIFICACION PARA ELABORACION DE CONCRETO $f_c=280$ Kg/Cm2

ARENA GRUESA



numero de cubetas: 1 cubetas
base de 30 x30 cm
altura de : 30 cm

PIEDRA CHANCADA



numero de cubetas: 2 cubetas
base de 30 x30 cm
altura de : 30 cm



numero de cubetas: 1 cubetas
base de 30 x30 cm
altura de : 19 cm




numero de cubetas: 1 cubetas
base de 30 x30 cm
altura de : 21 cm

ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP 151724
GERENTE GENERAL



Apéndice 03: Resultados de laboratorio

Concreto sin refuerzo a 7 días de curado



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas

INFORME N°: 123-B-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación: San Sebastian - Cusco

Fecha: 13/11/22

Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

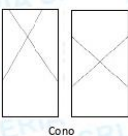
Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
Patrón - M-01	15.20	29.90	Patrón - M-02	15.20	29.90	Patrón - M-03	15.40	29.90
	14.90	30.00		14.80	29.90		14.64	29.90
	15.16	29.90		15.14	29.90		14.80	29.90
	15.00	30.00		14.80	29.90		15.50	29.90
Prom.:	15.07	29.95	Prom.:	14.99	29.90	Prom.:	15.09	29.90
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.866	178.25	5338.57	11.721	176.36	5273.20	11.674	178.72	5343.82

DATOS DEL ENSAYO

Peso Volumetrico	2222.69	kg/m ³	Peso Volumetrico	2222.75	kg/m ³	Peso Volumetrico	2184.58	kg/m ³
Dial	375.86	KN	Dial	342.41	KN	Dial	350.62	KN
Tipo de falla	(E) FRACTURA LATERAL		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(A) CONO	


Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39

(A)



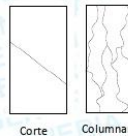
Cono

(B)



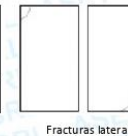
Cono y Separacion

(C)




Corte

(D)




Columnar

(E)



Fracturas laterales en la parte superior o fondo

EXPRESIÓN DE RESULTADOS




$R_c = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{P}{A}$


P: Carga axial aplicada al cilindro (kg).
A: Área del cilindro (cm²).
HD=2

Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f _c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _c ENSAYO (kg/cm ²)	f _c ENSAYO / f _c (%)
Patrón - M-02	6/11/22	13/11/22	7	280	34915.95	176.36	197.98	71%
Patrón - M-03	6/11/22	13/11/22	7	280	35752.88	178.72	200.05	71%

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN





APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624

Email: asetingeneria@hotmail.com



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20800238645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME N°: 123-B-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 13/11/22

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
Patrón - M-04	14.90	29.90	Patrón - M-05	14.80	30.00	Patrón - M-06	14.80	29.80
	15.16	29.80		15.10	30.00		15.30	29.90
	15.40	29.90		15.20	30.00		15.00	29.80
	14.50	29.80		15.00	30.00		15.40	29.90
Prom.:	14.99	29.85		Prom.:	15.03		30.00	Prom.:
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.706	176.48	5267.90	11.886	177.30	5319.12	11.706	179.67	5363.21
Peso Volumetrico	2222.14	kg/m ³	Peso Volumetrico	2234.58	kg/m ³	Peso Volumetrico	2182.65	kg/m ³
Dial	136.54	KN	Dial	148.20	KN	Dial	136.22	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T : Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Resistencia T (kg/cm ²)
	Moldeo	Rotura				
Patrón - M-04	6/11/22	13/11/22	7	280	13923.33	19.81
Patrón - M-05	6/11/22	13/11/22	7	280	15112.19	21.34
Patrón - M-06	6/11/22	13/11/22	7	280	13890.98	19.59

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN





ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20500236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +61974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 13/11/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
Patrón - M-07	53.60	15.00	15.30	Patrón - M-08	54.00	14.80	15.00	Patrón - M-09	54.00	15.20	14.90
	53.60	15.00	15.30		53.80	15.00	15.00		54.00	15.00	15.30
	53.50	14.90	14.80		53.80	15.00	14.90		53.80	15.20	15.00
	53.60	15.00	15.00		53.80	15.00	15.20		53.80	15.00	15.20
PROM:	53.58	14.98	15.10	PROM:	53.85	14.95	15.03	PROM:	53.90	15.10	15.10

PESO Kg	ÁREA cm2	VOLUMEN cm3	PESO Kg	ÁREA cm2	VOLUMEN cm3	PESO Kg	ÁREA cm2	VOLUMEN cm3
27.35	802.29	12114.51	26.63	805.06	12095.99	27.093	813.89	12289.74

PESO VOLUMÉTRICO	2257.95	Kg/m3	PESO VOLUMÉTRICO	2201.56	Kg/m3	PESO VOLUMÉTRICO	2204.52	Kg/m3
DIAL DE ROTURA	22.09	KN	DIAL DE ROTURA	22.34	KN	DIAL DE ROTURA	22.75	KN

ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

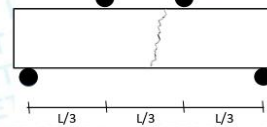
R : modulo de rotura (kPa)

P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)

L: longitud libre entre apoyos (m)

b: ancho promedio de la muestra (m)

d: altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD (dias)	P (KN)	Módulo de rotura (R) (kPa)	Módulo de rotura (R) (kg/cm²)
	MOLDEO	ENSAYO				
Patrón - M-07	6/11/22	13/11/22	7	22.09	3466.71	35.34
Patrón - M-08	6/11/22	13/11/22	7	22.34	3564.18	36.33
Patrón - M-09	6/11/22	13/11/22	7	22.75	3561.55	36.31

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante
EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN



ASET INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157124
GERENTE GENERAL



Concreto sin refuerzo a 28 días de curado



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación San Sebastián - Cusco

Fecha 4/12/22

Muestra Testigos Cilíndricos de Concreto

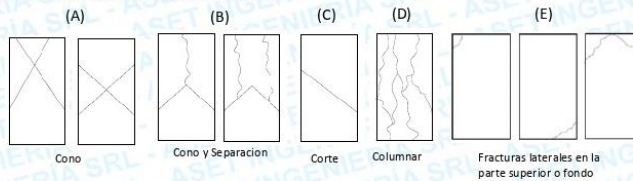
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
Patrón - M-10	15.50	29.80	Patrón - M-11	14.90	30.00	Patrón - M-12	14.90	29.90
	14.20	29.80		15.00	29.80		14.90	30.00
	14.30	29.80		15.10	30.00		14.80	29.90
	15.60	29.80		15.30	29.80		15.30	30.00
Prom.:	14.90	29.80	Prom.:	15.08	29.90	Prom.:	14.98	29.95
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.520	174.37	5196.11	11.398	178.49	5336.74	11.439	176.13	5274.97

DATOS DEL ENSAYO

Peso Volumetrico	2217.04	kg/m ³	Peso Volumetrico	2135.76	kg/m ³	Peso Volumetrico	2168.54	kg/m ³
Dial	513.33	KN	Dial	518.42	KN	Dial	499.10	KN
Tipo de falla	(A) CONO		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(A) CONO	

Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39



EXPRESIÓN DE RESULTADOS



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura		f _c (kg/cm ²)			f _c ENSAYO / f _c (%)	
Patrón - M-10	6/11/22	4/12/22	28	280	52344.89	174.37	300.20	107%
Patrón - M-11	6/11/22	4/12/22	28	280	52864.13	178.49	296.18	106%
Patrón - M-12	6/11/22	4/12/22	28	280	50894.04	176.13	288.96	103%

Observación: Las Briqueetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidráulica, capacidad 1000KN



ASET INGENIERIA S.R.L.
ING^o ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600238645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"
Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera
Ubicación: San Sebastian - Cusco
Fecha: 4/12/22
Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
Patrón - M-13	15.00	30.00	Patrón - M-14	14.80	29.90	Patrón - M-15	15.10	30.10
	15.10	29.80		14.90	29.90		14.90	30.00
	14.90	30.00		15.10	30.00		15.20	30.00
	15.10	29.80		15.20	30.00		15.00	30.00
Prom.:	15.03	29.90		Prom.:	15.00		29.95	Prom.:
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.436	177.30	5301.39	11.412	176.71	5292.60	11.630	177.89	5341.29
Peso Volumetrico	2157.17	kg/m ³	Peso Volumetrico	2156.22	kg/m ³	Peso Volumetrico	2177.38	kg/m ³
Dial	187.37	KN	Dial	180.94	KN	Dial	170.74	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T : Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Resistencia
	Moldeo	Rotura				T (kg/cm ²)
Patrón - M-13	6/11/22	4/12/22	28	280	19106.63	27.08
Patrón - M-14	6/11/22	4/12/22	28	280	18450.83	26.15
Patrón - M-15	6/11/22	4/12/22	28	280	17410.84	24.53

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN





ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Muestra Testigos Cilíndricos de Concreto

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 4/12/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
Patrón - M-16	53.60	15.00	15.20	Patrón - M-17	54.00	15.00	15.00	Patrón - M-18	54.00	15.20	14.90
	54.00	15.00	15.00		53.80	14.90	15.20		54.00	15.00	15.30
	54.00	14.90	14.80		53.80	15.00	14.90		53.80	15.20	15.00
	53.60	15.00	15.00		53.70	15.00	15.20		53.80	15.00	15.20
PROM:	53.80	14.98	15.00	PROM:	53.83	14.98	15.08	PROM:	53.90	15.10	15.10

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
27.26	805.66	12084.83	26.63	806.03	12150.89	27.093	813.89	12289.74

PESO VOLUMÉTRICO	2255.89	Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO	2191.61	Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO	2204.52	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	24.05	KN	DIAL DE ROTURA	23.36	KN	DIAL DE ROTURA	25.90	KN

ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

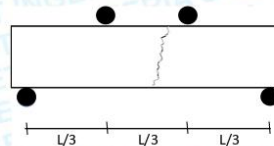
R: modulo de rotura (kPa)

P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)

L: longitud libre entre apoyos (m)

b: ancho promedio de la muestra (m)

d: altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	P (KN)	Módulo de rotura (R) (kPa)	Módulo de rotura (R) (kg/cm ²)
	MOLDEO	ENSAYO				
Patrón - M-16	6/11/22	4/12/22	28	24.05	3839.83	39.14
Patrón - M-17	6/11/22	4/12/22	28	23.36	3693.88	37.65
Patrón - M-18	6/11/22	4/12/22	28	25.90	4054.69	41.33

Observación: Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidraulica, capacidad 1000KN




ASET INGENIERIA S.R.L.
ING^o ELIZABETH TAPIA INGA
CIP. 157724
GERENTE GENERAL

APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
Email: asetingenieria@hotmail.com



Concreto adicionado con 20 kg/m³ de fibras metálicas Wirand FF1 a 7 días de curado.



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas
INFORME N°: 123-B-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación: San Sebastián - Cusco

Fecha: 15/11/22

Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS


Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-01	14.80	30.00	20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-02	15.20	30.00	20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-03	14.50	29.90
	15.00	29.90		14.80	30.00		15.50	30.00
	15.20	30.00		15.15	30.00		15.30	29.90
	14.87	29.90		15.00	30.00		14.50	30.00
Prom.:	14.97	29.95	Prom.:	15.04	30.00	Prom.:	14.95	29.95
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
12.149	175.95	5269.69	12.442	177.60	5327.98	12.209	175.54	5257.38

DATOS DEL ENSAYO

Peso Volumetrico	2305.45	kg/m ³	Peso Volumetrico	2335.22	kg/m ³	Peso Volumetrico	2322.26	kg/m ³
Dial	358.18	KN	Dial	389.09	KN	Dial	377.83	KN
Tipo de falla	(E) FRACTURA LATERAL		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(A) CONO	

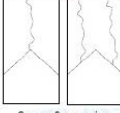
Tipos de falla adapatado de la norma ASTM C-39

(A)




Cono

(B)




Cono y Separacion

(C)




Corte

(D)




Columnar

(E)



Fracturas laterales en la parte superior o fondo

EXPRESIÓN DE RESULTADOS





$$R_c = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{P}{A}$$

P: Carga axial aplicada al cilindro (kg)
A: Area del cilindro (cm²)
HD-2

Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'c ENSAYO (kg/cm ²)	f'c ENSAYO / f'c (%)
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-01	8/11/22	15/11/22	7	280	36524.20	175.95	207.58	74%
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-02	8/11/22	15/11/22	7	280	39676.14	177.60	223.40	80%
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-03	8/11/22	15/11/22	7	280	38527.94	175.54	219.48	78%

Observación: Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN

APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
Email: asettingeria@hotmail.com



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC Nº 20500235645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME Nº: 123-B-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"
Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera
Ubicación San Sebastian - Cusco
Fecha 15/11/22
Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-04	15.40	30.00	20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-05	15.20	29.90	20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-06	15.50	29.90
	14.90	30.00		15.00	30.00		14.85	29.80
	14.90	30.00		15.10	29.90		14.60	30.00
	15.10	30.00		15.10	30.00		15.00	29.80
Prom.:	15.08	30.00	Prom.:	15.10	29.95	Prom.:	14.99	29.88
Peso (kg)	Area (cm²)	Volumen (cm³)	Peso (kg)	Area (cm²)	Volumen (cm³)	Peso (kg)	Area (cm²)	Volumen (cm³)
12.125	178.49	5354.58	12.102	179.08	5363.41	11.987	176.42	5270.55
Peso Volumetrico	2264.41	kg/m³	Peso Volumetrico	2256.40	kg/m³	Peso Volumetrico	2274.33	kg/m³
Dial	143.08	KN	Dial	157.18	KN	Dial	151.93	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T : Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Resistencia
	Moldeo	Rotura				T (kg/cm ²)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-04	8/11/22	15/11/22	7	280	14590.10	20.54
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-05	8/11/22	15/11/22	7	280	16027.90	22.56
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-06	8/11/22	15/11/22	7	280	15492.55	22.03

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN



ASET INGENIERIA S.R.L.
 ING^o ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 157724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Muestra Testigos Cilíndricos de Concreto

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 15/11/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-07	54.00	15.10	15.30
	53.80	15.00	15.40
	53.90	15.20	15.00
	54.00	15.00	15.00
PROM.:	53.93	15.08	15.18

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-08	54.00	15.00	15.20
	54.00	15.40	15.00
	54.00	15.00	14.90
	53.90	15.00	15.00
PROM.:	53.98	15.10	15.03

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-09	54.20	15.00	15.20
	53.90	14.90	15.30
	54.00	15.00	15.00
	54.00	15.00	15.00
PROM.:	54.03	14.98	15.13

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
28.59	812.92	12336.05	28.195	815.02	12245.71	28.314	809.02	12236.49

PESO VOLUMÉTRICO	2317.60	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	27.38	KN

PESO VOLUMÉTRICO	2302.44	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	25.28	KN

PESO VOLUMÉTRICO	2313.90	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	27.70	KN

ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

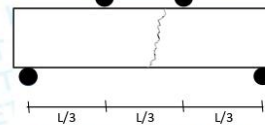
R : modulo de rotura (kPa)

P : máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)

L : longitud libre entre apoyos (m)

b : ancho promedio de la muestra (m)

d : altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	P (KN)	Módulo de rotura (R)	Módulo de rotura (R)
	MOLDEO	ENSAYO			(kPa)	(kg/cm ²)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-07	8/11/22	15/11/22	7	27.38	4253.13	43.36
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-08	8/11/22	15/11/22	7	25.28	4002.80	40.80
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-09	8/11/22	15/11/22	7	27.70	4368.35	44.53

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante


EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN



ASET INGENIERIA S.R.L.
ING. ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157724
GERENTE GENERAL



Concreto adicionado con 20 kg/m³ de fibras metálicas Wirand FF1 a 28 días de curado.



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas

INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación: San Sebastian - Cusco

Fecha: 6/12/22

Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

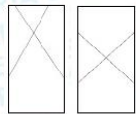
Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-10	15.10	30.00	20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-11	14.80	30.00	20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-12	15.30	29.80
	15.00	29.90		15.00	30.00		15.00	29.80
	15.20	30.00		15.20	30.00		15.00	30.00
	15.00	29.90		15.00	30.00		15.10	30.00
Prom.:	15.08	29.95	Prom.:	15.00	30.00	Prom.:	15.10	29.90
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.674	178.49	5345.66	11.886	176.71	5301.44	11.704	179.08	5354.45

DATOS DEL ENSAYO

Peso Volumetrico	2183.83	kg/m ³	Peso Volumetrico	2242.03	kg/m ³	Peso Volumetrico	2185.84	kg/m ³
Dial	583.01	KN	Dial	619.07	KN	Dial	602.50	KN
Tipo de falla	(E) FRACTURA LATERAL		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(A) CONO	

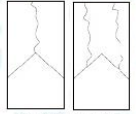
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39

(A)




Cono

(B)



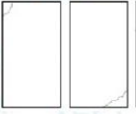
Cono y Separación

(C)




Corte

(D)




Columnar

(E)



Fracturas laterales en la parte superior o fondo

EXPRESIÓN DE RESULTADOS




$$R_c = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{P}{A}$$


P: Carga axial aplicada al cilindro (kg).
A: Área del cilindro (cm²).
HD=2

Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f _c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _c ENSAYO (kg/cm ²)	f _c ENSAYO / f _c (%)
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-10	8/11/22	6/12/22	28	280	59450.47	333.08	119%	
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-11	8/11/22	6/12/22	28	280	63127.57	357.23	128%	
20 kg/m ³ Fibra Metálica - M-12	8/11/22	6/12/22	28	280	61437.90	343.08	123%	

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidráulica, capacidad 1000KN





HGW^o ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 151724
GERENTE GENERAL

APY: Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
Email: asetingenieria@hotmail.com

DERECHOS DE AUTOR RESERVADOS



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 6/12/22

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-13	15.40	30.00	20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-14	14.30	29.90	20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-15	14.85	30.00
	14.50	30.00		15.50	30.00		15.10	30.10
	14.80	30.00		14.50	29.70		15.00	30.00
	15.30	30.00		15.30	30.00		15.20	30.10
Prom.:	15.00	30.00	Prom.:	14.90	29.90	Prom.:	15.04	30.05
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.681	176.71	5301.44	11.783	174.37	5213.55	11.904	177.60	5336.86
Peso Volumetrico	2203.36	kg/m ³	Peso Volumetrico	2260.07	kg/m ³	Peso Volumetrico	2230.53	kg/m ³
Dial	197.51	KN	Dial	189.00	KN	Dial	180.50	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

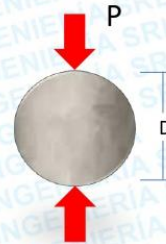
Donde:

T : Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño	Dial (kg)	Resistencia
	Moldeo	Rotura		f'c (kg/cm ²)		T (kg/cm ²)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-13	8/11/22	6/12/22	28	280	20140.41	28.49
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-14	8/11/22	6/12/22	28	280	19272.64	27.54
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-15	8/11/22	6/12/22	28	280	18405.88	25.93

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN





ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera
Ubicación San Sebastian - Cusco

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto
Fecha 6/12/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-16	53.70	15.00	15.20	20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-17	53.60	15.20	15.50	20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-18	54.00	15.20	15.50
	53.50	14.90	15.00		53.80	15.10	15.20		53.70	15.30	15.10
	53.80	15.40	15.00		53.70	15.40	15.30		53.80	15.40	15.10
	54.00	15.50	15.00		53.90	15.00	15.00		54.00	15.00	15.00
PROM:	53.75	15.20	15.05	PROM:	53.75	15.18	15.25	PROM:	53.88	15.23	15.18

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
27.29	817.00	12295.85	27.575	815.66	12438.76	27.852	820.25	12447.25

PESO VOLUMÉTRICO Kg/m ³	2219.04	Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO Kg/m ³	2216.86	Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO Kg/m ³	2237.60	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	33.26	KN	DIAL DE ROTURA	34.98	KN	DIAL DE ROTURA	36.92	KN

ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

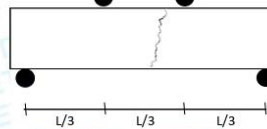
R : modulo de rotura (kPa)

P : máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)

L : longitud libre entre apoyos (m)

b : ancho promedio de la muestra (m)

d : altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD (dias)	P (KN)	Módulo de rotura (R)	Módulo de rotura (R)
	MOLDEO	ENSAYO			(kPa)	(kg/cm ²)
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-16	8/11/22	6/12/22	28	33.26	5191.89	52.92
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-17	8/11/22	6/12/22	28	34.98	5327.58	54.31
20 kg/m ³ Fibra Metalica - M-18	8/11/22	6/12/22	28	36.92	5673.28	57.83


Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidraulica, capacidad 1000KN





Concreto adicionado con 35 kg/m³ de fibras metálicas Wirand FF1 a 7 días de curado.



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas

INFORME N°: 123-B-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación: San Sebastian - Cusco

Fecha: 19/11/22

Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto

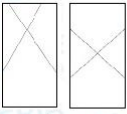
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

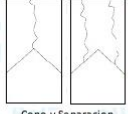
Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-01	15.00	29.80	35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-02	15.00	30.00	35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-03	14.90	30.00
	15.40	30.00		15.40	30.00		15.30	30.00
	14.80	29.80		15.00	30.00		15.10	30.00
	15.40	30.00		15.20	30.00		15.20	30.00
Prom.:	15.15	29.90		Prom.:	15.15		30.00	Prom.:
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.915	180.27	5389.97	12.089	180.27	5408.00	11.972	179.67	5390.16

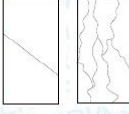
DATOS DEL ENSAYO


Peso Volumetrico	2210.59	kg/m ³	Peso Volumetrico	2235.39	kg/m ³	Peso Volumetrico	2221.08	kg/m ³
Dial	515.42	KN	Dial	476.45	KN	Dial	471.57	KN
Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR	


Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39

(A) 
Cono


(B) 
Cono y Separación

(C) 
Corte

(D) 
Columnar

(E) 
Fracturas laterales en la parte superior o fondo

EXPRÉSION DE RESULTADOS




$$R_c = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{P}{A}$$

P_u: Carga axial aplicada al cilindro (kg).
A_u: Área del cilindro (cm²).
HID-2


Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura		f _c (kg/cm ²)			f _c ENSAYO (kg/cm ²)	f _c ENSAYO / f _c (%)
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-01	12/11/22	19/11/22	7	280	52558.21	180.27	291.56	104%
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-02	12/11/22	19/11/22	7	280	48584.38	180.27	269.51	96%
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-03	12/11/22	19/11/22	7	280	48086.76	179.67	267.64	96%

Observación: Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidráulica, capacidad 1000KN

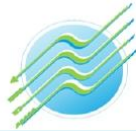


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ASET
INGENIERIA



ING. ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 15729
GERENTE GENERAL

APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
Email: asetingneria@hotmail.com



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC Nº 20600236646

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME N°: 123-B-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 19/11/22

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-04	15.00	30.20	35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-05	15.00	29.90	35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-06	14.90	30.00
	15.20	30.00		15.00	29.80		15.30	30.00
	15.10	30.30		15.30	29.90		15.20	30.00
	15.30	30.00		15.10	30.00		15.40	30.00
Prom.:	15.15	30.13	Prom.:	15.10	29.90	Prom.:	15.20	30.00
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
12.560	180.27	5430.53	12.720	179.08	5354.45	12.485	181.46	5443.75
Peso Volumetrico	2312.85	kg/m ³	Peso Volumetrico	2375.59	kg/m ³	Peso Volumetrico	2293.46	kg/m ³
Dial	181.39	KN	Dial	179.50	KN	Dial	166.50	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T : Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Resistencia T (kg/cm ²)
	Moldeo	Rotura				
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-04	12/11/22	19/11/22	7	280	18496.63	25.80
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-05	12/11/22	19/11/22	7	280	18303.91	25.81
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-06	12/11/22	19/11/22	7	280	16978.27	23.70

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro - Hidraulica, capacidad 1000KN





ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 17/11/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-07	53.70	15.00	15.00
	53.80	15.00	15.00
	54.00	15.20	15.00
PROM:	53.83	15.05	15.00

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-08	54.00	15.80	15.30
	54.00	16.50	15.50
	54.00	15.20	15.40
PROM:	54.00	15.63	15.30

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-09	53.90	15.00	15.10
	54.20	15.00	15.50
	54.00	15.30	15.00
PROM:	54.03	15.08	15.15

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
29.01	810.07	12150.99

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
30.00	843.75	12909.38

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
29.04	814.43	12338.57

PESO VOLUMÉTRICO Kg/m ³	32.22	KN
DIAL DE ROTURA	32.22	KN

PESO VOLUMÉTRICO Kg/m ³	33.90	KN
DIAL DE ROTURA	33.90	KN

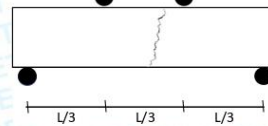
PESO VOLUMÉTRICO Kg/m ³	35.20	KN
DIAL DE ROTURA	35.20	KN

ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:
R : modulo de rotura (kPa)
P : máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)
L : longitud libre entre apoyos (m)
b : ancho promedio de la muestra (m)
d : altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD	P	Módulo de rotura (R)	Módulo de rotura (R)
	MOLDEO	ENSAYO	(dias)	(KN)	(kPa)	(kg/cm ²)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-07	10/11/22	17/11/22	7	32.22	5121.42	52.21
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-08	10/11/22	17/11/22	7	33.90	5004.84	51.02
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-09	10/11/22	17/11/22	7	35.20	5496.10	56.03


Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante
EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN



APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
Email: asetingeneria@hotmail.com



Concreto adicionado con 35 kg/m³ de fibras metálicas Wirand FF1 a 28 días de curado.



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas
INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación: San Sebastian - Cusco

Fecha: 10/12/22

Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto


IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS


Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-10	15.20	29.80	35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-11	15.50	30.00	35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-12	15.10	30.00
	15.00	29.80		14.70	30.00		15.00	30.00
	14.9	29.80		15.50	30.00		15.30	30.00
	15.40	30.00		14.90	30.00		15.20	30.00
Prom.:	15.20	29.85	Prom.:	15.15	30.00	Prom.:	15.15	30.00
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
12.053	181.46	5416.53	12.133	180.27	5408.00	11.824	180.27	5408.00


DATOS DEL ENSAYO


Peso Volumetrico	2225.22	kg/m ³	Peso Volumetrico	2243.53	kg/m ³	Peso Volumetrico	2186.39	kg/m ³
Dial	704.90	KN	Dial	697.50	KN	Dial	707.60	KN
Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR	


Tipos de falla adapatado de la norma ASTM C-39

(A) 
Cono


(B) 
Cono y Separación

(C) 
Corte

(D) 
Columnar

(E) 
Fracturas laterales en la parte superior o fondo

EXPRÉSION DE RESULTADOS





$R_c = \frac{4P}{D^2} = \frac{P}{A}$

P: Carga axial aplicada al cilindro (kg).
A: Área del cilindro (cm²).
h: h₀₂

Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f'c ENSAYO (kg/cm ²)	f'c ENSAYO / f'c (%)
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-10	12/11/22	10/12/22	28	280	71879.80	181.46	396.12	141%
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-11	12/11/22	10/12/22	28	280	71125.21	180.27	394.56	141%
35 kg/m ³ Fibra Metálica - M-12	12/11/22	10/12/22	28	280	72155.12	180.27	400.27	143%

Observación: Las Briqueetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidráulica, capacidad 1000KN

APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
Email: asetingeneria@hotmail.com



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 8/12/22

Muestra Testigos Cilíndricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-13	15.30	30.20	35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-14	15.20	30.00	35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-15	15.20	29.90
	15.20	30.20		15.10	30.00		14.90	30.00
	15.30	30.00		15.30	30.00		15.10	30.00
	15.20	30.00		15.00	30.00		15.30	30.00
Prom.:	15.25	30.10	Prom.:	15.15	30.00	Prom.:	15.13	29.98
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
12.232	182.65	5497.89	11.927	180.27	5408.00	11.809	179.67	5385.67
Peso Volumetrico	2224.85	kg/m ³	Peso Volumetrico	2205.44	kg/m ³	Peso Volumetrico	2192.67	kg/m ³
Dial	216.22	KN	Dial	222.40	KN	Dial	235.60	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T: Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (dias)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Resistencia
	Moldeo	Rotura				T (kg/cm ²)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-13	10/11/22	8/12/22	28	280	22048.30	30.58
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-14	10/11/22	8/12/22	28	280	22678.49	31.77
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-15	10/11/22	8/12/22	28	280	24024.51	33.73

Observación: Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidraulica, capacidad 1000KN



ASET INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP° 157724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Muestra Testigos Cilíndricos de Concreto

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 8/12/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-16	54.00	15.00	15.30	35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-17	53.50	14.90	15.50	35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-18	53.90	15.00	15.10
	53.90	14.90	15.30		53.50	14.90	15.60		54.00	15.20	15.50
	53.80	15.20	15.40		53.50	15.20	15.00		53.90	15.10	15.00
	53.70	15.00	15.00		54.00	15.00	15.00		54.00	15.00	15.00
PROM:	53.85	15.03	15.25	PROM:	53.63	15.00	15.28	PROM:	53.95	15.08	15.15

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
27.34	809.10	12338.72	27.974	804.38	12286.83	28.49	813.30	12321.44

PESO VOLUMÉTRICO	2215.55	Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO	2276.75	Kg/m ³	PESO VOLUMÉTRICO	2312.23	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	37.15	KN	DIAL DE ROTURA	38.84	KN	DIAL DE ROTURA	39.57	KN

ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

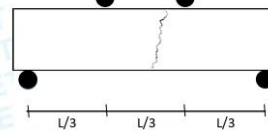
R : modulo de rotura (kPa)

P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)

L: longitud libre entre apoyos (m)

b: ancho promedio de la muestra (m)

d: altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	P (KN)	Módulo de rotura (R) (kPa)	Módulo de rotura (R) (kg/cm ²)
	MOLDEO	ENSAYO				
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-16	10/11/22	8/12/22	28	37.15	5725.20	58.36
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-17	10/11/22	8/12/22	28	38.84	5951.04	60.66
35 kg/m ³ Fibra Metalica - M-18	10/11/22	8/12/22	28	39.57	6169.85	62.89


Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidraulica, capacidad 1000KN





Concreto adicionado con 50 kg/m³ de fibras metálicas Wirand FF1 a 7 días de curado.



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas

INFORME N°: 123-B-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación: San Sebastián - Cusco

Fecha: 17/11/22

Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto


IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

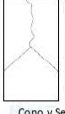
Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-01	14.80	30.00	50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-02	15.55	29.90	50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-03	15.50	30.00
	15.20	30.00		14.50	29.90		14.80	30.00
	15.10	30.00		14.30	30.00		15.40	30.00
	14.90	30.00		15.40	29.90		14.70	30.00
Prom.:	15.00	30.00	Prom.:	14.94	29.93	Prom.:	15.10	30.00
Peso (kg)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)
11.915	176.71	5301.44	12.089	175.25	5244.21	11.972	179.08	5372.36


DATOS DEL ENSAYO


Peso Volumetrico	2247.50	kg/m ³	Peso Volumetrico	2305.21	kg/m ³	Peso Volumetrico	2228.44	kg/m ³
Dial	591.50	KN	Dial	563.80	KN	Dial	570.80	KN
Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR	


Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39

(A) 
Cono


(B) 
Cono y Separación

(C) 
Corte

(D) 
Columnar

(E) 
Fracturas laterales en la parte superior o fondo

EXPRESIÓN DE RESULTADOS




$$R_c = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{P}{A}$$


P: Carga axial aplicada al cilindro (kg)
A: Área del cilindro (cm²)
H/D: 2

Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño	Dial (kg)	Área (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura		f _c (kg/cm ²)			f _c ENSAYO (kg/cm ²)	f _c ENSAYO / f _c (%)
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-01	10/11/22	17/11/22	7	280	60316.21	176.71	341.32	122%
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-02	10/11/22	17/11/22	7	280	57491.60	175.25	328.06	117%
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-03	10/11/22	17/11/22	7	280	58205.40	179.08	325.03	116%

Observación: Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro -Hidraulica, capacidad 1000KN





ING° ELIZABETH TAPIA INGA
DIP. 15712A
GERENTE GENERAL

APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
Email: asettingeneria@hotmail.com



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME N°: 123-B-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 17/11/22

Muestra Testigos Cilíndricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-04	15.05	29.80	50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-05	14.90	29.90	50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-06	15.10	30.00
	14.80	30.00		15.30	29.80		14.99	30.00
	15.20	29.80		15.10	29.90		15.10	30.00
	15.00	30.00		15.00	30.00		15.02	30.00
Prom.:	15.01	29.90	Prom.:	15.08	29.90	Prom.:	15.05	30.00
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
12.313	177.01	5292.58	11.657	178.49	5336.74	12.209	177.95	5338.61
Peso Volumetrico	2326.47	kg/m ³	Peso Volumetrico	2184.29	kg/m ³	Peso Volumetrico	2286.92	kg/m ³
Dial	173.50	KN	Dial	186.20	KN	Dial	192.50	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T : Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Resistencia
	Moldeo	Rotura				T (kg/cm ²)
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-04	10/11/22	17/11/22	7	210	17692.08	25.09
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-05	10/11/22	17/11/22	7	210	18987.12	26.82
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-06	10/11/22	17/11/22	7	210	19629.54	27.67

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidráulica, capacidad 1000KN





ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 19/11/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra	53.70	15.00	15.00
53.80	15.00	15.00	
Metalica - M-07	54.00	15.20	15.00
53.80	15.00	15.00	
PROM:	53.83	15.05	15.00

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra	54.00	15.80	15.30
54.00	16.50	15.50	
Metalica - M-08	54.00	15.20	15.40
54.00	15.00	15.00	
PROM:	54.00	15.63	15.30

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra	53.90	15.00	15.10
54.20	15.00	15.50	
Metalica - M-09	54.00	15.30	15.00
54.00	15.00	15.00	
PROM:	54.03	15.08	15.15

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
29.01	810.07	12150.99

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
30.2	843.75	12909.38

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
29.04	814.43	12338.57

PESO VOLUMÉTRICO	2387.29	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	35.05	KN

PESO VOLUMÉTRICO	2339.39	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	36.58	KN

PESO VOLUMÉTRICO	2353.60	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	35.65	KN

ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

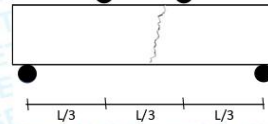
R : modulo de rotura (kPa)

P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)

L: longitud libre entre apoyos (m)

b: ancho promedio de la muestra (m)

d: altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	P (KN)	Módulo de rotura (R) (kPa)	Módulo de rotura (R) (kg/cm ²)
	MOLDEO	ENSAYO				
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-07	12/11/22	19/11/22	7	35.05	5571.26	56.79
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-08	12/11/22	19/11/22	7	36.58	5400.51	55.05
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-09	12/11/22	19/11/22	7	35.65	5566.37	56.74


Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidraulica, capacidad 1000KN





Concreto adicionado con 50 kg/m³ de fibras metálicas Wirand FF1 a 28 días de curado.



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Compresión Simple de Probetas Cilíndricas

INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto: Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante: Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación: San Sebastian - Cusco

Fecha: 8/12/22

Muestra: Testigos Cilíndricos de Concreto

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS


Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-10	15.30	29.70	50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-11	15.60	30.00	50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-12	15.20	30.00
	14.60	29.70		14.50	29.80		15.00	30.00
	15.40	30.00		15.50	30.00		15.30	30.00
	14.80	30.00		14.50	29.80		15.10	30.00
Prom.:	15.03	29.85	Prom.:	15.03	29.90	Prom.:	15.15	30.00
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
12.205	177.30	5292.53	12.380	177.30	5301.39	12.600	180.27	5408.00

DATOS DEL ENSAYO

Peso Volumetrico	2306.08	kg/m ³	Peso Volumetrico	2335.24	kg/m ³	Peso Volumetrico	2329.88	kg/m ³
Dial	710.53	KN	Dial	778.20	KN	Dial	737.00	KN
Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR		Tipo de falla	(D) COLUMNAR	

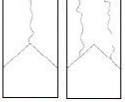
Tipos de falla adoptado de la norma ASTM C-39

(A)



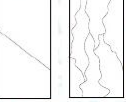
Cono

(B)




Cono y Separación

(C)




Corte

(D)




Columnar

(E)



Fracturas laterales en la parte superior o fondo

EXPRESIÓN DE RESULTADOS





$$R_c = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{P}{A}$$

P: Carga axial aplicada al cilindro (kg).
A: Área del cilindro (cm²).
HD-2

Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f _c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Area (cm ²)	Resistencia	
	Moldeo	Rotura					f _c ENSAYO (kg/cm ²)	f _c ENSAYO / f _c (%)
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-10	10/11/22	8/12/22	28	280	72453.90	177.30	408.64	146%
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-11	10/11/22	8/12/22	28	280	79354.32	177.30	447.56	160%
50 kg/m ³ Fibra Metálica - M-12	10/11/22	8/12/22	28	280	75153.08	180.27	416.90	149%

Observación: Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidráulica, capacidad 1000KN

APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624
 Email: asetingenieria@hotmail.com



ASET INGENIERIA SRL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20800238645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Ensayo de Resistencia a Traccion indirecta INFORME N°: 123-C-2022

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Ubicación #REF!

Fecha 10/12/22

Muestra Testigos Cilindricos de Concreto

Estructura y Elemento

Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)	Muestra	Diametro (cm)	Longitud (cm)
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-13	15.40	29.70	50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-14	15.30	30.20	50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-15	15.40	30.00
	14.50	30.00		15.10	30.00		14.50	29.80
	15.50	30.00		15.40	30.20		15.50	30.00
	14.60	30.00		15.00	30.00		14.60	30.00
Prom.:	15.00	29.93		Prom.:	15.20	30.10	Prom.:	15.00
Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)
12.221	176.71	5288.18	12.096	181.46	5461.90	12.246	176.71	5292.60
Peso Volumetrico	2311.00	kg/m ³	Peso Volumetrico	2214.61	kg/m ³	Peso Volumetrico	2313.80	kg/m ³
Dial	246.87	KN	Dial	254.94	KN	Dial	228.63	KN

Formula para determinar la Resistencia a la traccion por compresion diametral:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T : Resistencia a la traccion por compresion diametral [kg/cm²]

P: Máxima carga aplicada por la maquina de ensayo [kg]

L: Longitud de la muestra [m]

D: Diametro promedio de la muestra [m]



Muestra	Fecha		Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Resistencia
	Moldeo	Rotura				T (kg/cm ²)
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-13	12/11/22	10/12/22	28	280	25173.73	35.70
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-14	12/11/22	10/12/22	28	280	25996.65	36.17
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-15	12/11/22	10/12/22	28	280	23313.77	33.04

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidraulica, capacidad 1000KN



ASET INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIF: 157724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

RESISTENCIA A LA FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

Proyecto Tesis: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO FIBROREFORZADO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, CASO DE UNA VÍA ARTERIAL EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

Solicitante Bach. Gwren Darlyni Taco Herrera

Muestra Testigos Cilíndricos de Concreto

Ubicación San Sebastian - Cusco

Fecha 10/12/22

Estructura y Elemento

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra	53.80	15.20	15.30
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-16	53.60	15.00	15.00
	53.70	15.30	15.00
	53.80	15.00	15.00
PROM.:	53.73	15.13	15.08

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra	54.00	15.20	15.30
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-17	54.00	15.50	15.50
	54.00	15.20	15.40
	54.00	15.00	15.00
PROM.:	54.00	15.23	15.30

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
50 kg/m ³ Fibra	53.90	15.00	15.10
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-18	54.20	15.00	15.50
	54.00	15.30	15.00
	54.00	15.00	15.00
PROM.:	54.03	15.08	15.15

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
29.33	812.59	12249.80

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
30	822.15	12578.90

PESO Kg	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³
29.5	814.43	12338.57

PESO VOLUMÉTRICO	2394.65	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	39.07	KN

PESO VOLUMÉTRICO	2384.95	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	39.26	KN

PESO VOLUMÉTRICO	2390.88	Kg/m ³
DIAL DE ROTURA	39.52	KN

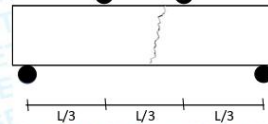
ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA

1. Si la fractura se inicia en la zona de tension, dentro del tercio medio de la luz libre, el modulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Donde:

- R : modulo de rotura (kPa)
- P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)
- L: longitud libre entre apoyos (m)
- b: ancho promedio de la muestra (m)
- d: altura promedio de la muestra (m)



MUESTRA	FECHA		EDAD (días)	P (KN)	Módulo de rotura (R) (kPa)	Módulo de rotura (R) (kg/cm ²)
	MOLDEO	ENSAYO				
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-16	12/11/22	10/12/22	28	39.07	6106.75	62.25
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-17	12/11/22	10/12/22	28	39.26	5948.45	60.64
50 kg/m ³ Fibra Metalica - M-18	12/11/22	10/12/22	28	39.52	6170.62	62.90

Observación : Las Briquetas fueron elaboradas por el solicitante

EQUIPO: Prensa Electro-Hidraulica, capacidad 1000KN



APV. Miguel Grau - Calle Angamos B-5 - San Sebastian - Cusco Cel: 974 223624 Email: asetingeneria@hotmail.com



Apéndice 04: Certificado de calibración

LABORATORIO DE
METROLOGÍA



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument
Rangos
Measurement range
FABRICANTE
Manufacturer
Modelo
Model
Serie
Identification number
Ubicación de la máquina
Location of the machine

Norma de referencia
Norm of used reference
Intervalo calibrado
Calibrated interval

Solicitante
Customer
Dirección
Address

Ciudad
City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard
Tipo / Modelo
Type / Model

Rangos
Measurement range
Fabricante
Manufacturer

No. serie
Identification number
Certificado de calibración
Calibration certification
Incertidumbre de medida
Uncertainty of measurement

Método de calibración
Method of calibration

Unidades de medida
Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized signatories

Téc. Gilmer A. Huamán Poquima
Responsable Laboratorio de Metrología

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

1 000 kN

PINZUAR LTDA.

PC – 180

106

LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES
ASET INGENIERÍA S.R.L

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

ASET INGENIERIA S.R.L

CAL SIN NOMBRE MZA. D LOTE. 5 APV. JOSE CARLOS
MARIATEGUI CUSCO – QUISPICANCHI – OROPESA
CUSCO

T71P / ZSC

150 tn

OHAUS / KELI

B504530209 / 5M56609

N° INF – LE 190 – 22

0.060 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2023 – 01 – 20

2023 – 01 – 25

Pág. 1 de 3

3

Correos:

laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:

(01) 622 - 58 - 14

Celular:

992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



LABORATORIO DE
METROLOGÍA



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 726-2023 GLF
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA ELÉCTRICA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETO

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.02 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	100.0	99.79	99.99		99.72	
20	200.0	200.37	200.09		199.33	
30	300.0	299.73	298.87		297.75	
40	400.0	399.29	397.72		396.87	
50	500.0	499.63	496.53	No Aplica	496.01	No Aplica
60	600.0	599.28	596.13		594.76	
70	700.0	699.33	696.66		694.34	
80	800.0	799.84	795.02		794.32	
90	900.0	899.33	893.90		893.48	
100	1000.0	999.85	992.85		993.39	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
10	100.0	0.17	0.27			0.020	0.176
20	200.0	0.04	0.52			0.010	0.318
30	300.0	0.41	0.66			0.007	0.390
40	400.0	0.51	0.61			0.005	0.363
50	500.0	0.52	0.73	No Aplica	No Aplica	0.004	0.460
60	600.0	0.55	0.76			0.003	0.454
70	700.0	0.46	0.72			0.003	0.419
80	800.0	0.45	0.69			0.003	0.441
90	900.0	0.49	0.65			0.002	0.426
100	1000.0	0.47	0.70			0.002	0.457
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Euler Ramon Tiznado Becerra

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 22.5 °C Humedad Mínima: 30.0 %Hr
Temperatura Máxima: 23.2 °C Humedad Máxima: 32.0 %Hr



Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14

Celular:
992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



LABORATORIO DE
METROLOGÍA



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **726-2023 GLF**

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,55	0,76	No Aplica	No Aplica	0,00	0,010

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 1 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas se ensayó de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: B504530209 / 5M56609. Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,060 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE 190 – 22.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de mediciones.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 726-2023 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

Téc. Gilmer A. Huamán Poguoma
Responsable Laboratorio de Metrología



Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14

Celular:
992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



LABORATORIO DE
METROLOGÍA



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 723-2023 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2023-01-25

1. SOLICITANTE : ASET INGENIERIA S.R.L

DIRECCIÓN : CAL.SIN NOMBRE MZA. D LOTE. 5 APV. JOSE
CARLOS MARIATEGUI CUSCO –
QUISPICANCHI – OROPESA

2. INSTRUMENTO DE
MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8335440497

ALCANCE DE
INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA
/ RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE
VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE
CALIBRACIÓN : 2023-01-20

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

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

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC 001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES ASET INGENIERIA S.R.L

CAL.SIN NOMBRE MZA. D LOTE. 5 APV. JOSE CARLOS MARIATEGUI CUSCO – QUISPICANCHI – OROPESA

Gilmer Antonio Huamán Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología



Correos:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios.gylaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14

Celular:
992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



LABORATORIO DE
METROLOGÍA



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 723 - 2023 GLM

Página 2 de 3

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18.8 °C	18.8 °C
Humedad Relativa	32 %	32 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M1 / M2)	LM - C - 288 - 2022 CM - 1864 - 2022 CM - 1865 - 2022 CM - 1866 - 2022

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g. la balanza indicó 29998 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	18.8			18.8		
N°	Carga L1= 15,000 g			Carga L2= 30,000 g		
	I(g)	ΔL(g)	E(g)	I(g)	ΔL(g)	E(g)
1	15,001	0.5	1.0	30,000	0.6	-0.1
2	15,001	0.5	1.0	30,000	0.5	0.0
3	15,001	0.5	1.0	30,000	0.5	0.0
4	15,001	0.6	0.9	30,000	0.5	0.0
5	15,001	0.5	1.0	30,000	0.5	0.0
6	15,001	0.5	1.0	30,000	0.6	-0.1
7	15,001	0.5	1.0	30,000	0.6	-0.1
8	15,001	0.5	1.0	30,000	0.6	-0.1
9	15,001	0.5	1.0	30,000	0.5	0.0
10	15,001	0.5	1.0	30,000	0.5	0.0
Diferencia máxima			0.1	0.1		
Error máximo permitido ±			20 g	± 30 g		



Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14

Celular:
992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



LABORATORIO DE
METROLOGÍA



CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 723 - 2023 GLM

Página 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	10	10	0.5	0.0	10,000	10,001	0.5	1.0	1.0
2		10	0.5	0.0		10,002	0.4	2.1	2.1
3		10	0.5	0.0		10,001	0.5	1.0	1.0
4		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
5		10	0.5	0.0		10,002	0.4	2.1	2.1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
10	10	0.5	0.0	0.0	10	0.5	0.0	0.0	10
20	20	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
100	100	0.5	0.0	0.0	100	0.5	0.0	0.0	10
500	500	0.6	-0.1	-0.1	500	0.5	0.0	0.0	10
1,000	1,000	0.5	0.0	0.0	1,000	0.6	-0.1	-0.1	10
5,000	5,000	0.6	-0.1	-0.1	5,000	0.5	0.0	0.0	10
10,000	10,001	0.5	1.0	1.0	10,001	0.5	1.0	1.0	20
15,000	15,001	0.5	1.0	1.0	15,001	0.5	1.0	1.0	20
20,000	20,001	0.6	0.9	0.9	20,001	0.5	1.0	1.0	20
25,000	25,000	0.6	-0.1	-0.1	25,000	0.6	-0.1	-0.1	30
30,000	30,000	0.7	-0.2	-0.2	30,000	0.7	-0.2	-0.2	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 3,992E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,702E-04 \text{ g}^2 + 1,246E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{-xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)



Correos:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios.gyllaboratorio@gmail.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

Teléfono:
(01) 622 - 58 - 14

Celular:
992 - 302 - 883
927 - 603 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE G&L LABORATORIO S.A.C.



Apéndice 05: Certificado de INACAL (Instituto Nacional de Calidad)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LLA - 364 - 2021

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 7

Expediente	1056716	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	G&L LABORATORIO S.A.C	
Dirección	Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa - Los Olivos	
Instrumento de Medición	BLOQUES PATRON DE LONGITUD	
Valor Nominal	1 mm a 25 mm	
Grado	0 (*)	
Marca	INSIZE (*)	
Modelo	4100-103 (*)	
Número de Serie	110147 (*)	
Cantidad	11	
Material	ACERO	
Fecha de Calibración	2021-12-15 al 2021-12-16	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	 <small>Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA Legnardo FAU 20600283015 soft Fecha: 2020-07-02 22:37:15</small>	 <small>Firmado digitalmente por CANO URIBE Daniel Agallo FAU 20600283015 soft Fecha: 2020-07-02 19:09:21</small>
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
 Dirección de Metrología
 Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
 Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
 Email: metrologia@inacal.gob.pe
 Web: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 364 – 2021

Página 2 de 7

Método de Calibración

Determinación del error en la longitud central, por el método de comparación, utilizando bloques patrón de longitud y un comparador mecánico de bloques patrón de longitud.
Se tomó como referencia la Norma ISO 3650:1998

Lugar de Calibración

Laboratorio de Longitud y Ángulo
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	20,0 °C ± 0,5 °C
-------------	------------------

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia del Centro Español de Metrología - CEM	LA 01 021 Bloques patrón de longitud Grado K	170439001
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología - INACAL	LA 05 019 Comparador mecánico de bloques con incertidumbre del orden de 0,034 µm	INACAL DM/LLA-316-2021

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
(*) Datos dados en la caja que los contiene.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 364 – 2021

Página 3 de 7

Resultados de Medición

Valor Nominal (mm)	Número de Serie	CARA IZQUIERDA / CARA SIN MARCAR						CARA DERECHA / CARA MARCADA						DESMG
		AR	LR	R	SR	C/O	AD	AR	LR	R	SR	C/O	AD	
1	0363			X		X	NO				X	X	NO	NO
3	8432		X				SI		X				SI	NO
4	115350		X				SI		X				SI	NO
5	125328			X			NO		X				NO	NO
8	122468		X				SI		X				SI	NO
10	123603		X				SI		X				SI	NO
12	090401		X				SI		X				SI	NO
15	115094			X			SI			X			SI	NO
17	113404		X				SI		X				SI	NO
20	127477		X				NO		X				NO	NO
25	120930		X				NO	X					NO	NO

Un casillero marcado con X significa que el instrumento de medición entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
Un casillero sin marca alguna significa que el instrumento de medición no entra dentro de la clasificación indicada en el encabezado de dicha columna.
Las clasificaciones se describen en la siguiente página.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

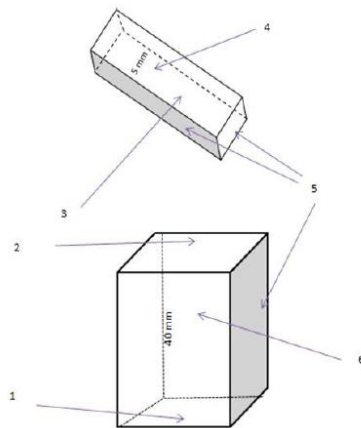
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 364 – 2021

Página 4 de 7

Denominación de las caras de los bloques patrón de longitud



a) para longitudes $l_n < 6$ mm

b) para longitudes nominales $l_n \geq 6$ mm

Leyenda

- 1 cara de medición izquierda
- 2 cara de medición derecha
- 3 cara de medida sin marcar
- 4 cara de medida marcada
- 5 cara laterales
- 6 cara lateral marcada

Considerar las clasificaciones siguientes:

AR	Ausencia de rayas. No debe observarse rayas en la totalidad de la cara.
LR	Levemente rayado. Se observa una pequeña cantidad de rayas, no mayor de veinte.
R	Rayado. Se observa una cantidad de rayas considerablemente mayor a las del caso anterior, prácticamente es imposible de determinar su número.
SR	Severamente rayado. No existe sector alguno libre de rayas sobre la cara observada, o bien esta presenta al menos una raya de gran longitud y profundidad.
C/O	Corrosión y/o oxidación. Se observa corrosión y/o oxidación de cualquier tipo sobre la cara observada.
AD	Resultado de la prueba de adherencia (SI/NO)
DESMG	Fue necesario desmagnetizar el bloque (SI/NO)

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 364 – 2021

Página 5 de 7

LONGITUD NOMINAL	N° DE SERIE DEL BLOQUE	CORRECCIÓN A LA LONGITUD NOMINAL	LONGITUD CENTRAL MEDIDA	VARIACIÓN DE LONGITUD ($v = l_{max} - l_{min}$)	GRADO 0	
					EN CUALQUIER PUNTO RESPECTO A LA LONGITUD NOMINAL	VARIACIÓN DE LONGITUD
l_n (mm)		($l_c - l_n$) (μm)	(l_c) (mm)	(μm)	$\pm l_e$ (μm)	l_v (μm)
1	0363	-0,04	0,99996	0,02	0,12	0,10
3	8432	0,06	3,00006	0,02	0,12	0,10
4	115350	0,06	4,00006	0,05	0,12	0,10
5	125328	0,06	5,00006	0,03	0,12	0,10
8	122468	0,04	8,00004	0,04	0,12	0,10
10	123603	0,02	10,00002	0,03	0,12	0,10
12	090401	0,14	12,00014	0,05	0,14	0,10
15	115094	-0,06	14,99994	0,05	0,14	0,10
17	113404	-0,08	16,99992	0,04	0,14	0,10
20	127477	0,09	20,00009	0,07	0,14	0,10
25	120930	0,06	25,00006	0,06	0,14	0,10

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

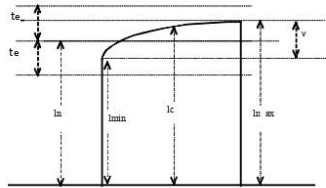
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 364 – 2021

Página 6 de 7

Determinación de la corrección de los bloques patrón de longitud



Incertidumbre Expandida de Medición : $2 \cdot [(61,62)^2 + (0,56)^2 + (L)^2]^{1/2}$ nm
L : Valor Nominal expresado en milímetros.

Nota:

El coeficiente de dilatación térmica utilizado $(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ y los errores máximos permitidos, datos tomados de la Norma ISO 3650:1998.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo

Certificado de Calibración LLA – 364 – 2021

Página 7 de 7

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

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

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración

LM - C - 288 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1068452	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).</p> <p><i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i></p>
Solicitante	G&L LABORATORIO S.A.C	
Dirección	Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa - Los Olivos	
Patrón de Medición	PESAS	
Valor Nominal	1 mg a 1 kg	
Clase de Exactitud	E2	
Material	ACERO INOXIDABLE	
Marca	HIWEIGH	
Procedencia	TAIWAN	
Número de Serie	WS-01413	
Cantidad	25	
Fecha de Calibración	2022-10-19 al 2022-10-20	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente por
DE LA CRUZ
CANCIA Leonardo
FAU 20600283015
soft
Fecha: 2022-10-20
10:36:30



Firmado digitalmente por TAIPE
ARAUJO Donny Nimer FAU
20600283015 soft
Fecha: 2022-10-20 08:26:06

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología
Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración LM - C – 288 – 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 2 de 4

Método de Calibración

La calibración fue ejecutada mediante comparación con los patrones de referencia del laboratorio de calibración según el método de sustitución con corrección del empuje del aire

Lugar de Calibración

Laboratorio de Masas
Calle De la Prosa N° 150, San Borja - Lima

Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura	20,47 °C	20,77 °C
Humedad Relativa	46,2 %	50,4 %
Presión Atmosférica	992 mbar	990 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia del Centro Español de Metrología	PESAS (Clase de exactitud E1)	162664100

Observaciones

Manipular las pesas con cuidado y mantenerlas limpias para evitar la alteración de su masa.
Se ha considerado para la determinación de la masa una densidad : 7 950 kg/m³.
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL - DM a la caja que contiene a las pesas.
Las pesas con valor nominal de 2 mg (.) y 500 mg presentan un error mayor al error máximo permitido para pesas de clase de exactitud E2.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf : (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración LM - C – 288 – 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Masa convencional y error máximo permitido de conformidad con OIML R 111 - 2004 y NMP-004-2007

VALOR NOMINAL	IDENTIF.	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	FORMA	MATERIAL	ERROR MÁXIMO PERMITIDO E2
1 mg	--	1 mg + 0,006 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
2 mg	--	2 mg + 0,004 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
2 mg	(.)	2 mg + 0,007 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
5 mg	--	5 mg + 0,005 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
10 mg	--	10 mg + 0,005 mg	0,003 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,008 mg
20 mg	--	20 mg + 0,009 mg	0,003 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,010 mg
20 mg	(.)	20 mg + 0,007 mg	0,003 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,010 mg
50 mg	--	50 mg + 0,009 mg	0,004 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,012 mg
100 mg	--	100 mg + 0,010 mg	0,005 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,016 mg
200 mg	--	200 mg + 0,019 mg	0,006 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,020 mg
200 mg	(.)	200 mg + 0,019 mg	0,006 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,020 mg
500 mg	--	500 mg + 0,035 mg	0,008 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,025 mg
1 g	--	1 g + 0,015 mg	0,010 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,03 mg
2 g	--	2 g + 0,020 mg	0,012 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,04 mg
2 g	(.)	2 g + 0,006 mg	0,012 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,04 mg
5 g	--	5 g + 0,011 mg	0,016 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,05 mg
10 g	--	10 g + 0,017 mg	0,020 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,06 mg
20 g	--	20 g - 0,012 mg	0,025 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,08 mg
20 g	(.)	20 g + 0,014 mg	0,025 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,08 mg
50 g	--	50 g + 0,01 mg	0,03 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,10 mg
100 g	--	100 g + 0,00 mg	0,05 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,16 mg
200 g	--	200 g + 0,09 mg	0,10 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,3 mg
200 g	(.)	200 g + 0,07 mg	0,10 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,3 mg
500 g	--	500 g + 0,30 mg	0,25 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,8 mg
1 kg	--	1 kg + 0,5 mg	0,5 mg	CILINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	1,6 mg

Instituto Nacional de Calidad - INACAL

Dirección de Metrología

Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú

Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501

email: metrologia@inacal.gob.pe

WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración LM - C – 288 – 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Puesto que en general no se indica covariancias, hay que sumar para combinaciones de pesas las incertidumbres según la fórmula:

$$u_g = \sum u_i$$

siendo u_g la incertidumbre total y u_i las incertidumbres de las pesas empleadas.

Recalibración

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

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

LABORATORIO DE MASAS - LM

Diversos servicios del Laboratorio de Masas cuentan con el reconocimiento internacional ya que están incluidos en el Apéndice C, dentro del marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo internacional (MRA) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) conforme puede verse en la base de datos internacional del Bureau International des Poids et Mesures BIPM en el siguiente link

http://www.bipm.org/exalead_kcdb/exa_kcdb.jsp?c=+12386644022181527139&C=eJyLz2FzW0IL8tj8HZ2cYp3LChzUvJrHBmiM8vKmnMzytmMIQzg1MTi5lzQAKJBQwGDP

[E5uSB2AZqsZChILSpIIM*ILHErZclhMDJgAAuGRu6&p=AppC](http://www.bipm.org/exalead_kcdb/exa_kcdb.jsp?c=+12386644022181527139&C=eJyLz2FzW0IL8tj8HZ2cYp3LChzUvJrHBmiM8vKmnMzytmMIQzg1MTi5lzQAKJBQwGDP) Concordantemente todos estos servicios tienen su Sistema de Calidad aprobado por el Quality System Task Force (QSTF) que es el grupo encargado de evaluar los Sistemas de Calidad de los Institutos Nacionales de Metrología INMs del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).

Instituto Nacional de Calidad - INACAL

Dirección de Metrología

Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú

Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501

email: metrologia@inacal.gob.pe

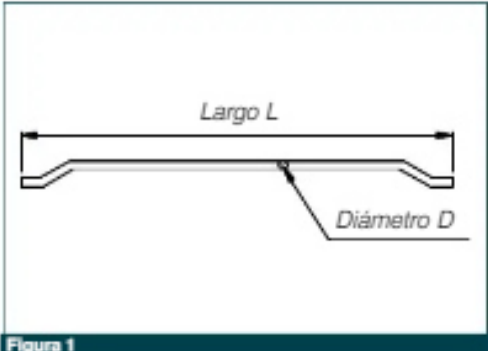
WEB: www.inacal.gob.pe





Anexos

Anexo 01: Ficha técnica de la fibra Wirand FF1

MACCAFERRI	FICHA TECNICA <i>Rev: 02, Issue—Julio 2004</i>
FIBRA WIRAND® FF1	
DESCRIPCIÓN: Fibra WIRAND® FF1 en alambre de acero trefilado para el refuerzo del hormigón	
TIPO: Wirand® FF1	
DIMENSIONES: <ul style="list-style-type: none">• Diámetro D: 1.00 mm;• Largo L: 50 mm;• Relación de esbeltez L/D: Relación entre el Largo y el Diámetro 50/1.00 = 50	Figura 1
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ALAMBRE	
R_m (Tensión de ruptura por tracción del alambre):	> 1100 MPa
Δl (Elongación a la ruptura)	< 4%
FORMA Los ganchos de las extremidades de la fibra WIRAND® FF1 garantizan la máxima adherencia al hormigón	
STANDARD DE REFERENCIA <ul style="list-style-type: none">• ASTM A820-01 "Standard specification for steel fibers for fiber-reinforced concrete"• UNI-11037 – Fibre di acciaio da impiegare nel confezionamento di conglomerato cementizio rinforzato• pr-EN 14889-1 – Fibres for concrete – Part 1 – Steel fibres – Definition, specifications and conformity	
EMBALAJES La fibra WIRAND® FF1 es acondicionada en grandes big bags de 600, 750, 950 Kg de peso, o en cajas de cartón de 20 Kg	
<small>El fabricante, con el fin de mejorar y optimizar las características técnicas de los productos, se reserva el derecho de modificar los estándares de los productos sin ningún preaviso. Todas las informaciones comunicadas están dadas de buena fe y en base a nuestra experiencia; de todas formas tanto el fabricante como sus distribuidores declinan cualquier responsabilidad por una utilización errónea de dicha información por parte del proyecto.</small>	
Maccaferrí de Perú S.A.C. Predio Las Salinas C12-2 - Alt. Km 33 Autopista Lima Pucosana - Lima 16 - Perú Tel. (51-1) 430 0292 - Fax (51-1) 430-0289 E-mail: macpe@maccaferrí.com.pe - Web site: www.maccaferrí.com.pe	
