



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

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL
HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES: MALAVÉ GÓMEZ ANDREINA STEPHANIA
POZO POZO JORGE ALFREDO

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, Mg.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL
HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES: MALAVE GÓMEZ ANDREINA STEPHANIA

POZO POZO JORGE ALFREDO

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, Mg.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

DECLARACIÓN

En atención al Art. 26 del Reglamento de Trabajo de Titulación y Graduación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, UPSE, que puntualiza: “La titularidad de la propiedad intelectual del trabajo de graduación y titulación es del autor”, nosotros, autores del presente trabajo de titulación, declaramos que es nuestra voluntad que sea la UPSE, la Institución que promueva y/o ejecute proyectos fundamentados en el contenido expuesto en el mismo,

La Libertad, 08 de Junio del 2015

Andreina Stephania Malavé Gómez

Jorge Alfredo Pozo Pozo

La Libertad, 08 de Junio del 2015.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de graduación **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”**, elaborado por los estudiantes Andreina Malavé Gómez y Jorge Pozo Pozo, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que luego de haberlo orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes.

Atentamente

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar. Mg.

CERTIFICADO GRAMATÓLOGO

Después de revisar el contenido del trabajo de los señores MALAVÉ GÓMEZ ANDREINA STEPHANIA y POZO POZO JORGE ALFREDO, cuyo tema es **“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”**, quienes constan como Egresados de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Carrera de Ingeniería Civil, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

CERTIFICO que este trabajo no presenta ningún error gramatical, por lo tanto puede ser expuesto ante el Tribunal respectivo.

La Libertad, junio del 2015.

Dora Rodríguez De la Cruz
LICENCIADA EN
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

DEDICATORIA

A mi señor padre, Jorge Alfredo Pozo Tomalá, y señora madre, Edith Maritza Pozo Tomalá, por haber confiado en mí, haberme apoyado siempre, ser los seres más importantes en mi vida, mis amigos y brindarme su paciencia y amor, les dedico este trabajo que sintetiza el logro de una meta en mi formación como profesional.

Jorge Alfredo Pozo Pozo

DEDICATORIA

A quienes me han apoyado en cada etapa de la vida y han depositado su confianza en mí, a mi respetado padre, Wilfrido Alfredo Malavé Muñoz, y a mi querida madre, María Auxiliadora Gómez Gómez, para ustedes este logro.

Andreina Stephania Malavé Gómez

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme brindado la oportunidad de obtener un título de educación superior y haberme bendecido para alcanzar todos los objetivos que me he planteado.

A mi papá Jorge Alfredo Pozo Tomalá y a mi mamá Edith Maritza Pozo Tomalá por ser quienes han hecho posible este logro en mi vida y por todo su esfuerzo brindado a lo largo de mis años de estudios.

A los docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería por haber compartido sus conocimientos y experiencias en el desarrollo de mi profesión.

Jorge Alfredo Pozo Pozo.

AGRADECIMIENTO

A Yavé Padre Celestial por haberme brindado salud, juicio y la oportunidad de tener estudios superiores.

A mis padres Wilfrido Alfredo Malavé Muñoz y María Auxiliadora Gómez Gómez, quienes con su sacrificio y amor me han ayudado para culminar con éxito mi carrera universitaria, un logro más gracias a ustedes padres queridos.

A mis hermanos Alina y Adonis Malavé Gómez por su apoyo y ánimo para culminar con la carrera.

A mi tutor Ing. Lucrecia Moreno por habernos dedicado tiempo y haber compartido sus conocimientos para perfeccionar los nuestros, denotados en el presente trabajo de titulación.

Andreina Stephanía Malavé Gómez.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Alamir Álvarez Loor, Mg.
DECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Ing. Freddy Huamán Marcillo, Esp.
DIRECTOR DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.
DOCENTE TUTOR

Ing. Armando Saltos Sánchez, MSc.
DOCENTE DEL ÁREA

Ab. Joe Espinoza Ayala
SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.

La presente tesis se realizó con la finalidad de utilizar hormigón con adición de fibras de polipropileno como parte de la materia prima lo cual denota un incremento en su resistencia. Para su desarrollo se utilizó cemento selvalegre tipo IP, calizas Huayco, arena de El Triunfo, fibras de polipropileno tipo ondulada, aditivo plastificante sikament N°100 y agua potable. Se determinó las propiedades físicas y mecánicas de los agregados utilizados para los diseños de hormigón de resistencias 210, 280 y 325 Kg/ cm².

Se realizó ensayos a 30 vigas y 48 cilindros de hormigón patrón; 60 vigas y 320 cilindros de hormigón con dosificaciones de 3 y 6 Kg de fibras de polipropileno por metro cúbico de hormigón, y se analizó su comportamiento en la resistencia a flexión, compresión, tracción indirecta y módulo elástico. Se realizó la desviación estándar del diseño de 280 Kg/ cm² y de los resultados obtenidos se estableció que la cantidad óptima de adición de fibras de polipropileno en el hormigón es de 3 Kg/m³, ya que con esta cantidad se obtuvo un mayor incremento en las propiedades de resistencia del hormigón.

ABSTRACT

"STUDY OF FLEXURAL BEHAVIOR OF HYDRAULIC CONCRETE POLYPROPYLENE FIBER".

This thesis was done with the aim of using concrete with addition of polypropylene fibers as part of the raw material; this denotes an increase in resistance of concrete. IP selvalegre cement, limestone Huayco and sand from El Triunfo. Polypropylene corrugated fibers type, plasticizer additive sikament N°100 and drinking water was used. The physical and mechanical properties of the aggregates that were used for the concrete design of strength 210, 280 and 325 Kg / cm² was determined.

Test 30 Beams and 48 concrete cylinders were performed patterns; 60 beams and 320 concrete cylinders with 3 and 6 Kg / m³ dosages of fibers polypropylene for cubic meter of concrete and their behavior was analyzed in resistance to bending, compression, indirect tensile and elastic modulus. Standard deviation design 280 Kg/cm² and the results established that the optimal amount of addition of polypropylene fibers in concrete is 3 Kg / m³, because with this amount further increase was obtained in the properties of concrete strength.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
ÍNDICE DE FOTOS	XIX
ÍNDICE DE GRÁFICAS	XX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXII
ABREVIATURAS	XXV
CAPÍTULO I.....	1
TEMA DE TITULACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 VARIABLES	3
1.6 METODOLOGÍA	4
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 HORMIGÓN.....	8
2.1.1 Definición	8
2.2 MATERIALES QUE SE EMPLEAN EN LA FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN.....	8
2.2.1 Cemento Portland	8
2.2.2 Agregados	11
2.2.3 Agua.....	16

2.2.4	Aditivo plastificante.....	16
2.2.5	Fibras	17
2.3	FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	22
2.3.1	Clasificación de las fibras de polipropileno según el proceso de fabricación	22
2.3.2	Clasificación de las fibras de polipropileno en función del diámetro.....	22
2.3.3	Tipos de fibras de polipropileno comerciales	23
CAPÍTULO III.....		28
ETAPA EXPERIMENTAL		28
3.1.	MEZCLA DE HORMIGÓN CON FIBRAS DE POLIPROPILENO	28
3.1.1	Diseño	28
3.1.2	Mezclado.....	31
3.1.3	Llenado, compactación y curado	32
3.2.	PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	33
3.2.1	Determinación del porcentaje de absorción.....	33
3.2.2	Determinación del análisis granulométrico	33
3.2.3	Determinación del peso volumétrico suelto P.V.S.	34
3.2.4	Determinación del peso volumétrico varillado P.V.V.	35
3.2.5	Determinación de la densidad saturada superficialmente seca D.S.S.S. .	35
3.2.6	Resistencia al desgaste	36
3.2.7	Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz N#200.....	36
3.2.8	Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables.....	37
3.2.9	Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.....	39
3.2.10	Determinación del porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación	40

3.2.11	Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de magnesio.....	41
3.2.12	Determinación de partículas livianas.....	42
3.2.13	Índice de alargamiento y aplanamiento de una muestra de agregado grueso.....	44
3.3.	PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO.....	44
3.3.1	Medición de la temperatura del hormigón.....	44
3.3.2	Determinación del asentamiento del hormigón.....	45
3.3.3	Trabajabilidad.....	46
3.3.4	Contenido de fibras de polipropileno.....	46
3.4.	PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO.....	47
3.4.1	Determinación de la resistencia a la compresión.....	47
3.4.2	Determinación de la resistencia a la flexión – Módulo de rotura.....	48
3.4.3	Determinación de la resistencia a la tracción indirecta – Ensayo Brasileño.....	49
3.4.4	Determinación del Módulo de elasticidad del hormigón a compresión ..	49
3.4.5	Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del hormigón.....	50
3.4.6	Determinación de la permeabilidad al aire – Método Torrent.....	51
	CAPÍTULO IV.....	52
	RESULTADO DE ENSAYOS.....	52
4.1	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.....	52
4.2	RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	53
4.3	RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	56

4.4	RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	59
4.5	RESULTADOS OBTENIDOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE CILINDROS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO	60
4.6	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	61
4.6.1	Resistencia a la compresión.....	61
4.6.2	Resistencia a la flexión	64
4.6.3	Resistencia a la tracción indirecta – Ensayo brasileño	67
4.6.4	Módulo de elasticidad.....	70
4.7	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO vs. HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	72
4.8	APLICACIÓN DEL USO DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LOSA DE PAVIMENTO RÍGIDO AASHTO 93.....	76
4.9	APLICACIÓN DEL USO DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN DISEÑO DE VIGAS - ACI 318.....	82
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1- Resumen de fundiciones.....	7
Tabla 2. 1 - Tipos de cementos.	10
Tabla 2. 2 Tipos de fibras más comunes y sus propiedades.....	22
Tabla 2. 3- Fibras de polipropileno tipo monofilamento.	23
Tabla 2. 4- Fibras de polipropileno tipo malla.....	24
Tabla 2. 5- Fibras de polipropileno tipo ramilla.	25
Tabla 2. 6- Fibras de polipropileno tipo ondulada.	26
Tabla 3. 1- Revenimientos de acuerdo al tipo de estructura	28
Tabla 3. 2 Cantidad de agua de amasado y contenido de aire.....	29
Tabla 3. 3 Relación a/c para diferentes Esfuerzos de compresión.....	29
Tabla 3. 4 - Volúmen del agregado grueso por volúmen unitario de hormigón para diferentes tipos de MF.....	30
Tabla 3. 5 – Dosificación para diseños de hormigón.	31
Tabla 3. 6– Masa mínima para la muestra.	37
Tabla 3. 7 – Masa mínima de muestra para ensayo.	38
Tabla 3. 8– Tamices para remover los residuos de terrones de arcillas.....	38
Tabla 3. 9 – Tamices para determinar la pérdida según la fracción del árido grueso.	41
Tabla 3. 10 – Tamaño mínimo para la muestra de ensayo.....	42
Tabla 3. 11 – Mezclas según su asentamiento.	46
Tabla 4. 1 – Resultados obtenidos de ensayos realizados a los agregados	52
Tabla 4. 2–Valores promedios de resistencias a compresión – 210 Kg/cm ²	53
Tabla 4. 3 - Valores promedios de resistencias a compresión – 280 Kg/cm ²	54
Tabla 4. 4 - Valores promedios de resistencias a compresión – 325 Kg/cm ²	55
Tabla 4. 5–Valores promedios de resistencias a flexión – 210 Kg/cm ²	56
Tabla 4. 6- Valores promedios de resistencias a flexión – 280 Kg/cm ²	57
Tabla 4. 7 - Valores promedios de resistencias a flexión – 325 Kg/cm ²	58
Tabla 4. 8– Valores promedios de resistencia a tracción indirecta – 210 Kg/cm ²	59
Tabla 4. 9 – Valores promedios de resistencia a tracción indirecta – 280 Kg/cm ²	59
Tabla 4. 10 – Valores promedios de resistencia a tracción indirecta – 325 Kg/cm ² ..	59
Tabla 4. 11– Valores promedios del módulo elástico – 210 Kg/cm ²	60

Tabla 4. 12 -Valores promedios del módulo elástico – 280 Kg/cm ²	60
Tabla 4. 13 - Valores promedios del módulo elástico – 325 Kg/cm ²	60
Tabla 4. 14 – APU de hormigón de 210 kg/cm ²	72
Tabla 4. 15 – APU de hormigón de 210 kg/cm ² con adición de 3Kg/m ³ de fibras de polipropileno.	72
Tabla 4. 16 – APU de hormigón de 280 kg/cm ²	73
Tabla 4. 17 – APU de hormigón de 280 kg/cm ² con adición de 3Kg/m ³ de fibras de polipropileno.	73
Tabla 4. 18 – APU de hormigón de 325 kg/cm ²	74
Tabla 4. 19 – APU de hormigón de 325 kg/cm ² con adición de 3Kg/m ³ de fibras de polipropileno.	74
Tabla 4. 20 - Categoría de tráfico.....	77
Tabla 4. 21 - Relación nivel de confiabilidad y ZR	77
Tabla 4. 22 – Índice de servicialidad final.	78
Tabla 4. 23 – Valores para la desviación estándar	78
Tabla 4. 24 – Coeficiente de transmisión de cargas.....	79
Tabla 4. 25 – Valores recomendados del coeficiente de drenaje Cd.	79
Tabla 4. 26 – Módulo de reacción de la subrasante.	80
Tabla 4. 27 – Resultado de ensayo de módulo de rotura y el módulo elasticidad del hormigón.	80
Tabla 4. 28 – Espesores de losa calculados para mezclas: patrón y con adición de 3 Kg/m ³ fibras de polipropileno - Diseño 280 Kg/cm ² - Tráfico medio.	81

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 2. 1 - Cemento utilizado “SELVALEGRE Tipo IP” .	10
Foto 2.2 - Piedra utilizada calizas Huayco.	11
Foto 2.3 - Arena utilizada “EL TRIUNFO”.	15
Foto 2.4 - Fibras de polipropileno utilizadas.	18
Foto 2.5 - Fibras tipo monofilamento	24
Foto 2.6 – Fibras tipo malla	25
Foto 2.7 – Fibras tipo ramilla	26
Foto 2.8 - Fibras tipo ondulada	27
Foto 3.1 - Granulometría del agregado grueso.	33
Foto 3.2 - Granulometría del agregado fino.	33
Foto 3.3 - PVS del agregado grueso.	35
Foto 3.4 - PVS del agregado fino.	35
Foto 3.5 - PVV del agregado grueso.	35
Foto 3.6 - DSSS del agregado fino.	36
Foto 3.7 - Abrasión de los ángeles.	36
Foto 3.8 - Impurezas orgánicas del agregado fino.	40
Foto 3.9 – Ensayo de partículas en suspensión del agregado fino.	41
Foto 3.10 - Solidez del agregado grueso mediante el uso de sulfato de magnesio. ...	42
Foto 3.11 - Ensayo de partículas livianas.	43
Foto 3.12 - Medición de la temperatura del hormigón.	44
Foto 3.13 – Revenimiento del hormigón.	45
Figura 3.14 - Ensayo de resistencia a la compresión del hormigón.	48
Foto 3.15 - Ensayo de resistencia a flexión del hormigón.	48
Foto 3.16 - Ensayo de resistencia a tracción del hormigón.	49
Foto 3.17 - Modulo elástico del Hormigón.	50

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1 - Esquema de modelos típicos de fracturas	47
Gráfica 4.1 - Valores promedios de resistencias a compresión – 210 Kg/cm ²	53
Gráfica 4.2 - Valores promedios de resistencias a compresión – 280 Kg/cm ²	54
Gráfica 4.3 - Valores promedios de resistencias a compresión – 325 Kg/cm ²	55
Gráfica 4.4 - Valores promedios de resistencias a flexión – 210 Kg/cm ²	56
Gráfica 4.5 - Valores promedios de resistencias a flexión – 280 Kg/cm ²	57
Gráfica 4.6 - Valores promedios de resistencias a flexión – 325 Kg/cm ²	58
Gráfica 4.7 - Resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP – 210 Kg/cm ²	61
Gráfica 4.8 - Porcentajes de resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP. - Diseño 210 Kg/cm ²	61
Gráfica 4.9 - Resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP – 280 Kg/cm ²	62
Gráfica 4.10 - Porcentajes de resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP. - Diseño 280 Kg/cm ²	62
Gráfica 4.11 - Resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP – 325 Kg/cm ²	63
Gráfica 4.12 - Porcentajes de resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP. - Diseño 325 Kg/cm ²	63
Gráfica 4.13 - Resistencias a flexión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP – 210 Kg/cm ²	64
Gráfica 4.14 - Rango de variación del módulo de rotura en función de la resistencia del hormigón – 210 Kg/cm ²	64
Gráfica 4.15 - Resistencias a flexión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP – 280 Kg/cm ²	65
Gráfica 4.16 - Rango de variación del módulo de rotura en función de la resistencia del hormigón – 280 Kg/cm ²	65
Gráfica 4.17 - Resistencias a flexión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP – 325 Kg/cm ²	66
Gráfica 4.18 - Rango de variación del módulo de rotura en función de la resistencia del hormigón – 325 Kg/cm ²	66

Gráfica 4.19 - Resistencias a tracción indirecta de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP - Diseño 210 Kg/cm ²	67
Gráfica 4.20 - Porcentajes de resistencias a tracción indirecta en función de la resistencia a la compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP - Diseño 210 Kg/cm ²	67
Gráfica 4.21 - Resistencias a tracción indirecta de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP. Diseño 280 Kg/cm ²	68
Gráfica 4.22 - Porcentajes de resistencias a tracción indirecta en función de la resistencia a la compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP - Diseño 280 Kg/cm ²	68
Gráfica 4.23 - Resistencias a tracción indirecta de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP. Diseño 325 Kg/cm ²	69
Gráfica 4.24 - Porcentajes de resistencias a tracción indirecta en función de la resistencia a la compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP - Diseño 325 Kg/cm ²	69
Gráfica 4.25 - Módulos elásticos de mezclas: patrón, con adición de 3 kg/m ³ de fibras de PP – 210 Kg/cm ²	70
Gráfica 4.26 - Módulos elásticos de mezclas: patrón, con adición de 3 kg/m ³ de fibras de PP – 280 Kg/cm ²	70
Gráfica 4.27 - Módulos elásticos de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m ³ de fibras de PP – 325 Kg/cm ²	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1– Determinación del porcentaje de absorción de los agregados.....	89
Anexo 2 – Análisis granulométrico del agregado grueso.	90
Anexo 3 – Análisis granulométrico del agregado fino.....	91
Anexo 4 – Determinación del peso volumétrico suelto de los agregados.....	92
Anexo 5 – Determinación del peso volumétrico varillado en los agregados.	93
Anexo 6 – Determinación de la densidad superficialmente seca de los agregados ...	94
Anexo 7 – Resistencia al desgaste.	95
Anexo 8 – Determinación del porcentaje del material del tamiz que pasa el tamiz No. 200 mediante lavado en los agregados.....	96
Anexo 9 – Determinación del contenido de terrones de arcillas y partículas desmenuzables en los agregados.	97
Anexo 10 – Determinación del porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación.	98
Anexo 11 – Determinación de la solidez del agregado con sulfato de magnesio.	99
Anexo 12 – Determinación de partículas livianas en los agregados.....	100
Anexo 13 – Determinación del índice de alargamiento y aplanamiento del agregado grueso.	101
Anexo 14 – Determinación del contenido de fibras.....	102
Anexo 15 – Diseño de hormigón de resistencia 210 Kg/cm ²	103
Anexo 16 – Diseño de hormigón de resistencia 280 Kg/cm ²	104
Anexo 17 – Diseño de hormigón de resistencia 325 Kg/cm ²	105
Anexo 18 – Resistencia a compresión de muestra patrón – 210 Kg/cm ²	106
Anexo 19 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 3 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 210 Kg/cm ²	107
Anexo 20 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 6 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 210 Kg/cm ²	108
Anexo 21 – Resistencia a compresión de muestra patrón – 280 Kg/cm ²	109
Anexo 22 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 3 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 280 Kg/cm ²	110
Anexo 23 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 6 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 280 Kg/cm ²	111
Anexo 24 – Resistencia a compresión de muestra patrón – 325 Kg/cm ²	112

Anexo 25 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 3 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 325 Kg/cm ²	113
Anexo 26 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 6 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 325 Kg/cm ²	114
Anexo 27 – Resistencia a flexión de muestra patrón – 210 Kg/cm ²	115
Anexo 28 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 3 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 210 Kg/cm ²	116
Anexo 29 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 6 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 210 Kg/cm ²	117
Anexo 30 – Resistencia a flexión de muestra patrón – 280 Kg/cm ²	118
Anexo 31 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 3 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 280 Kg/cm ²	119
Anexo 32 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 6 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 280 Kg/cm ²	120
Anexo 33 – Resistencia a flexión de muestra patrón – 325 Kg/cm ²	121
Anexo 34 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 3 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 325 Kg/cm ²	122
Anexo 35 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 6 kg/m ³ de fibras de polipropileno – 325 Kg/cm ²	123
Anexo 36 – Resistencia a la tracción indirecta – Ensayo brasileño.	124
Anexo 37 – Determinación del módulo de elasticidad del hormigón 210Kg/cm ² ...	125
Anexo 38 – Determinación del módulo de elasticidad del hormigón 280Kg/cm ² ...	126
Anexo 39 – Determinación del módulo de elasticidad del hormigón 325Kg/cm ² ...	127
Anexo 40 – Determinación de la desviación estándar (día 3) – 280 Kg/cm ²	128
Anexo 41 – Determinación de la desviación estándar (día 7) – 280 Kg/cm ²	129
Anexo 42 – Determinación de la desviación estándar (día 28) – 280 Kg/cm ²	130
Anexo 43 – Resumen de las resistencias a los 28 días.....	131
Anexo 44 – Determinación del valor de pulso ultrasónico del hormigón.....	132
Anexo 45 – Determinación de la permeabilidad del hormigón.	133
Anexo 46 - ENSAYOS DE AGREGADOS	134
Anexo 47 - FIBRAS DE POLIPROPILENO TIPO ONDULADA.....	136
Anexo 48 - MEZCLA DE HORMIGÓN	137
Anexo 49 - DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO Y TEMPERATURA DEL HORMIGÓN	138

Anexo 50 - ELABORACIÓN DE CILINDROS Y VIGAS DE HORMIGÓN	139
Anexo 51 - ROTURA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN.....	140
Anexo 52 - ROTURA A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN	141
Anexo 53 - ROTURA A TRACCIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN.....	142
Anexo 54 – ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO	142
Anexo 55 – NORMAS DE ENSAYOS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO	143

ABREVIATURAS

ACI: American Concrete Institute

ASTM: American Society for Testing and Materials

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

DSSS: Densidad Saturada Superficialmente Seca

Ec: Módulo de elasticidad del hormigón

Es: Módulo de elasticidad del acero

$f'c$: Resistencia a la compresión

$f'cr$: Resistencia a la compresión requerida

GPa: Gigapascal

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

MF: Módulo de finura

MPa: Mega Pascales

Mr: Módulo de rotura

MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana

PVS: Peso Volumétrico Suelto

PVV: Peso Volumétrico Varillado

PP: Polipropileno

UNE: Una Norma Española

$m\mu$: milimicras

UNIDADES

δ : Kg/m³

PVS: Kg/m³

PVV: Kg/m³

DSSS: Kg/m³

CAPÍTULO I

TEMA DE TITULACIÓN

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.

1.1 INTRODUCCIÓN

Las fibras sintéticas se elaboran de materiales tales como acrílicos, carbón, poliéster, nylon, polietileno y polipropileno. Actualmente se incorporan volúmenes relativamente bajos de fibras discontinuas a la mezcla de hormigón hidráulico con el propósito de mejorar sus propiedades según el objetivo de diseño.

El hormigón reforzado con fibras sintéticas, como las de polipropileno, constituyen una de las innovaciones más apreciables en el tema de hormigones especiales, debido a que su uso está avanzando rápidamente, como nuevas tendencias constructivas.

Los efectos de las fibras sobre el comportamiento del hormigón en estado plástico y endurecido varían dependiendo de los materiales del hormigón, proporciones de la mezcla, tipo y longitud de la fibra, y cantidad de fibra agregada.

La metodología que se adoptó estuvo basada en obtener la menor cuantía de fibras de polipropileno que aseguren que el hormigón tenga un comportamiento semejante a un hormigón de altas resistencias.

Para el desarrollo de este tema de tesis se utilizó agregado fino proveniente de El Triunfo, agregado grueso calizas Huayco, cemento selvalegre tipo IP, fibras de polipropileno tipo ondulada, aditivo plastificante sikament N°100 y agua potable.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las estructuras de hormigón son diseñadas y construidas con materiales determinados, para que soporten adecuadamente una serie de acciones de diversas magnitudes para que al llegar al final de su vida útil tengan condiciones de servicios aceptables.

Las condiciones iniciales de diseño, comúnmente, son modificadas debido a fallas o defectos de las obras de hormigón, o, por el cambio de uso o cargas que afecta en forma negativa la capacidad de servicio durante su vida útil.

El campo de la construcción en nuestro medio tiene mayor inclinación hacia aditivos químicos que logran que el hormigón tenga las características que necesitamos, habiendo muy poco interés o desinformación en el uso de productos sintéticos con los que también es posible obtener un hormigón que satisfaga las perspectivas requeridas del constructor, el uso de estos nuevos productos en nuestro entorno disminuye aún más por la desconfianza de una sobredosificación o de un déficit del mismo, defectuosa ejecución, y utilización inadecuada.

Proyectos actuales denotan que la arquitectura está constantemente acoplándose con el modernismo por lo que tiende a ser osada, es por eso que se requiere de innovadores productos y de nuevas técnicas de construcción, que permitan mejorar los procesos constructivos tradicionales para asegurar la durabilidad de los proyectos.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

- ✓ Aporta con información sobre el uso de hormigones con adición de fibras de polipropileno.
- ✓ Satisface los requerimientos de proyectos en procesos constructivos especiales.
- ✓ Mejora el comportamiento a la flexión del hormigón.

- ✓ Evita las apariciones de grietas de contracción y previene el deterioro del hormigón.
- ✓ Contribuye en el diseño de losas de pavimentos rígidos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Analizar la resistencia a la flexión del hormigón hidráulico al adicionar fibras de polipropileno.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Explicar los fundamentos teóricos de la resistencia a la flexión del hormigón hidráulico y del diseño de hormigón con fibras de polipropileno.
- ✓ Establecer técnicas y métodos adecuados para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales y del hormigón con fibras de polipropileno.
- ✓ Determinar la resistencia a la flexión de una viga rectangular de hormigón hidráulico y del hormigón con diferentes dosificaciones de fibra de polipropileno.
- ✓ Determinar el costo de elaboración del hormigón hidráulico y el hormigón con fibras de polipropileno.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos del hormigón hidráulico con el hormigón con fibras de polipropileno.

1.5 VARIABLES

- ✓ Variable independiente: Fibras de polipropileno.
- ✓ Variable dependiente: Comportamiento a flexión del hormigón hidráulico.

1.6 METODOLOGÍA

Para este trabajo de tesis se elaboró tres diseño de hormigón comprobando su resistencia a la compresión con cilindros de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, y su resistencia a la flexión empleando vigas rectangulares de 150 mm de ancho, 150 mm de altura y 500 mm de longitud, también se obtuvo su resistencia a tracción indirecta y los módulos de elasticidad.

También se detalló los ensayos que se realizaron tanto a los agregados como a los cilindros y vigas de hormigón.

Materiales y equipos de laboratorio

Para el desarrollo del tema de tesis se utilizó los siguientes materiales y equipos de laboratorio

a. Materiales

- ✓ Cemento selvalegre tipo IP.
- ✓ Agregado grueso calizas Huayco.
- ✓ Agregado fino arena de El Triunfo.
- ✓ Fibras de polipropileno tipo ondulada.
- ✓ Aditivo plastificante sikament N°100.
- ✓ Agua potable.

b. Equipos de laboratorio y equipos de gabinete

- ✓ Tamices para la clasificación granulométrica normalizados.
- ✓ Balanza de precisión de 1 gr.
- ✓ Molde volumétrico y varilla lisa de punta redonda.
- ✓ Canastilla, piscina y franela.
- ✓ Cono de Abrams.
- ✓ Moldes metálicos.
- ✓ Prensa hidráulica.
- ✓ Piscina de curado.

- ✓ Uso del software Microsoft Word y Excel para realizar la tabulación de los resultados de los ensayos y gráficas de las curvas de resistencia del hormigón (hidráulico y con fibras de polipropileno).

c. Recopilación de datos

Para fundamentar ese trabajo se investigó y recopiló bibliografía referida sobre hormigones reforzados con fibras, los cuales sirvieron de guía en el desarrollo del tema de tesis.

d. Caracterización de agregados

Se evaluó las propiedades de los agregados mediante ensayos de caracterización tales como:

- ✓ Porcentaje de humedad y absorción (ASTM C70).
- ✓ Análisis granulométrico por tamizado (ASTM C 33).
- ✓ Peso volumétrico suelto P.V.S. (ASTM C138).
- ✓ Peso volumétrico varillado P.V.V. (NTE INEN 0858).
- ✓ Densidad saturada superficialmente seca, D.S.S.S (ASTM C70-94).
- ✓ Resistencia al desgaste (ASTM C131).
- ✓ Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz de 75 micras (NTE INEN 697).
- ✓ Determinación del contenido de terrones de arcillas y partículas desmenuzables (NTE INEN 698).
- ✓ Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para el hormigón (NTE INEN 855).
- ✓ Determinación del porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación. (NTE INEN 864).
- ✓ Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de magnesio (NTE INEN 863).
- ✓ Determinación de partículas livianas (NTE INEN 699).
- ✓ Índice de alargamiento y aplanamiento de una muestra de agregado grueso (ASTM D 4791-99).

e. Diseño de hormigón

Para el diseño de hormigón se tomó como base la metodología del diseño de mezclas de hormigones según ACI 211.1, el mismo que se resume en 9 pasos mencionados a continuación:

1. Selección del revenimiento
2. Selección del tamaño máximo de agregado
3. Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire
4. Ajuste del volumen de agua de amasado
5. Selección de la relación agua- cemento
6. Cálculo del contenido de cemento
7. Estimación del contenido de agregado grueso
8. Estimación del contenido de agregado fino
9. Ajustes en las mezclas de prueba

f. Elaboración de probetas de hormigón

Para la fabricación de las vigas y cilindros se usó moldes que cumplan con los requisitos de la norma ASTM C470 y ASTM C31, se elaboró tres diseños de hormigón hidráulico de f_c 210, 280, 325 Kg/cm², y a los mismos diseños de hormigón se le adicionó 3 y 6 Kg de fibras de polipropileno por metro cúbico de hormigón, comprobando su resistencia a la compresión, flexión, tracción indirecta y la obtención del módulo elástico.

Se realizó muestreos para los diseños de resistencia de 210 Kg/cm² y 325 Kg/cm² y para el diseño de resistencia de 280 Kg/cm² con 3Kg/m³ de fibras de polipropileno se realizó la desviación estándar como indica la norma NTE INEN 1855, la misma que consiste en realizar 15 fundidas cada una constó de 16 cilindros.

Para el desarrollo del tema de tesis se realizó 23 fundiciones en total, las mismas que se detallan en la tabla 1.1.

Tabla 1. 1- Resumen de fundiciones.

RESISTENCIA Kg/cm ²	MUESTRA	No. DE CILINDROS	No. DE FUNDICIONES	TOTAL CILINDROS	TOTAL VIGAS
210	Patrón	16	1	16	10,00
	3Kg/m ³ de PP	16	1	16	10,00
	6Kg/m ³ de PP	16	1	16	10,00
280	Patrón	16	1	16	10,00
	3Kg/m ³ de PP	16	15	240	10,00
	6Kg/m ³ de PP	16	1	16	10,00
325	Patrón	16	1	16	10,00
	3Kg/m ³ de PP	16	1	16	10,00
	6Kg/m ³ de PP	16	1	16	10,00
TOTAL			23	368	90,00

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

El llenado de los moldes se efectuó en tres capas, cada una apisonada por 25 golpes, y posteriormente los cilindros y vigas fueron golpeados con un mazo de goma de 10 a 15 veces según rige la norma INEN1576.

Las muestras de hormigón al cumplir las 24 horas de su elaboración permanecieron sumergidas en una piscina de curado en condiciones como indica la norma ASTM C192 hasta que cumplieron con la edad requerida para ser ensayadas.

Se efectuó el ensayo: de resistencia a la flexión, según la norma ASTM C78-94; de resistencia a la compresión, según la norma ASTM C39M, la obtención del módulo elástico basado en la norma ASTM C469; y, de resistencia a la tracción indirecta según la norma ASTM C496.

g. Resultados y análisis de resultados

Los resultados de las probetas de los diseños realizados se muestran en las tablas del capítulo IV. Se analizó la resistencia a la flexión obtenidos entre las vigas de hormigón hidráulico y las vigas con fibras de polipropileno, así mismo se efectuó comparaciones de resistencia a la compresión y a la tracción indirecta y módulo elástico entre cilindros de hormigón hidráulico y cilindros con adición de fibras de polipropileno, para determinar el diseño de mezcla recomendable, su aplicación conveniente y la relación beneficio/costo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 HORMIGÓN

2.1.1 Definición

Por lo general el hormigón está conformado por una mezcla de agregados finos y grueso (arena y grava), y un mineral de polvo muy fino, que es el cemento, con adición de agua^[1]. Es el material comúnmente utilizado para la construcción, dado su bajo costo, su alta durabilidad y resistencias adecuadas. Una desventaja cuando se tiene hormigones de resistencias convencionales es poseer una baja resistencia a la flexión, tracción y a los impactos, convirtiéndolo en un material frágil a partir de la aparición de las primeras fisuras.

Dentro de la mezcla del hormigón, el cemento es la sustancia químicamente activa que al unirse con el agua se endurece, ligando a los agregados y formando una masa sólida con semejanza a una piedra. El diseño del hormigón está en función de la carga que se imponga, esto se logra proporcionando una adecuada dosificación.

2.2 MATERIALES QUE SE EMPLEAN EN LA FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

2.2.1 Cemento Portland

El cemento Portland es un conglomerante hidráulico, de naturaleza inorgánica y mineral, finamente molido y es un componente muy importante en la trabajabilidad del hormigón en estado fresco y posteriormente en las características mecánicas cuando está endurecido. Se puede utilizar cualquier tipo de cemento hidráulico que cumpla con los requisitos establecidos para la fabricación de un hormigón

tradicional, siempre que sea capaz de proporcionar a este las características que exige el proyecto.

El tipo de cemento que fue utilizado en la investigación es cemento hidráulico Portland tipo IP, fabricado por la cementera Selvalegre.

2.2.1.1 Cemento tipo IP

Las empresas cementeras del Ecuador producen el cemento con adición de puzolanas que aportan para neutralizar los efectos de los sulfatos presentes en suelos y aguas freáticas. Los hormigones con cemento portland puzolánico han demostrado ser muy resistente a la acción de todo tipo de aguas agresivas y a fenómenos físico – químicos, debido a que disminuyen en cantidad y tamaño las porosidades propias de este material, logrando que sea menos permeable.

Los hormigones continúan incrementando sus resistencias luego del día 28, de un 15 a 20% a los 56 días y en un 30% a la edad de 120 días, siempre que permanezca curado según los proveedores.

2.2.1.2 Proceso de fabricación del cemento IP (INEN 490)

Este cemento es fabricado con piedra caliza de excelente pureza y corresponde al tipo compuestos, según la tabla 2.1 de la clasificación de los tipos de cementos.

La cal de esta piedra al combinarla con óxidos de aluminio, sílice, hierro, y otros, finamente molidos y mezclados produce un “crudo” que luego de ser calcinados a 1500°C da como resultado un material de formas esféricas llamado clinker, este es molido finamente con pequeñas dosis de yeso y puzolana de reactividad alta, produciendo el cemento portland puzolánico tipo IP, que es el que se comercializa actualmente para uso común.

La aplicación más común que se le da a este tipo de cemento es en:

- ✓ Construcción de puentes, edificios de gran altura.
- ✓ Mampostería y enlucidos.

- ✓ Construcción de presas, muros de contención.
- ✓ Construcción de túneles.
- ✓ Prefabricados de bloque, adoquines.
- ✓ Construcción de carreteras, bordillos y veredas.

2.2.1.3 Tipos de cemento portland

Tabla 2. 1 - Tipos de cementos.

TIPO	DESCRIPCIÓN	NORMA		
		INEN	ASTM	
Puros	I	Uso común	152	C 150
	II	Moderada resistencia a los sulfatos	152	C 150
		Moderado calor de hidratación	152	C 150
	III	Elevada resistencia inicial	152	C 150
	IV	Bajo calor de hidratación	152	C 150
V	Alta resistencia a la acción de sulfatos	152	C 150	
Compuestos	IS	Portland con escoria de alto horno	490	C 595
	IP	Portland puzolánico	490	C 595
	P	Portland puzolánico (cuando no se requieren resistencias iniciales altas)	490	C 595
	I(PM)	Portland puzolánico modificado	490	C 595
	I(SM)	Portland con escoria modificado	490	C 595
	S	Cemento de escoria	490	C 595
Por desempeño	GU	Uso en construcción en general	2380	C 1157
	HE	Elevada resistencia inicial	2380	C 1157
	MS	Moderada resistencia a los sulfatos	2380	C 1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos	2380	C 1157
	MH	Moderado calor de hidratación	2380	C 1157
	LH	Bajo calor de hidratación	2380	C 1157

Fuente: Libro Pepe Hormigón.

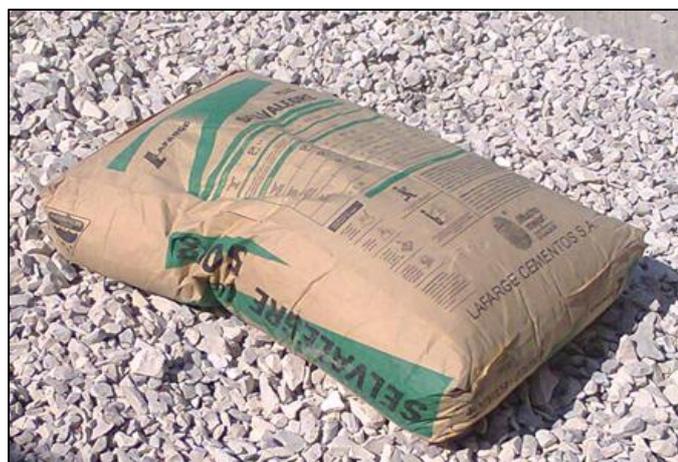


Foto 2. 1- Cemento utilizado “SELVALEGRE Tipo IP”.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

2.2.2 Agregados

Es el material pétreo que se utiliza en la mezcla de hormigón. La palabra agregado incluye las gravas naturales, piedras trituradas, arenas, incluso los materiales especiales para producir hormigones pesados o livianos^[2]. Los agregados son principalmente usados para la elaboración de hormigón, asfaltos, morteros, como bases y sub-bases para la construcción de vías, drenajes, y otras, que ocupan aproximadamente el 75% del volumen del hormigón.

Entre las principales funciones que cumplen los agregados en el hormigón se tiene:

- ✓ Conformar una masa de partículas que sea capaz de soportar acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo que puedan actuar en el concreto.
- ✓ Mejorar la resistencia a la compresión del hormigón.



Foto 2.2 - Piedra utilizada calizas Huayco.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

2.2.2.1 Extracción de los agregados

Los agregados comúnmente se encuentran localizados en lagos, ríos, lechos marinos, cerros o lomas a partir de una exploración visual de las deformaciones geológicas y luego, una vez localizados, se realiza una exploración mecánica con los equipos de barrenación para realizar un muestreo.

El proceso industrial para la obtención de la piedra caliza Huayco inicia en la selección del material extraído de la cantera, para luego ser triturado diversas veces, según se requiera, hasta que mediante bandas de transportación son llevadas a una

quebradora, en donde se obtiene el material en las medidas requeridas para clasificarlos conforme a las normas técnica ASTM C33.

En el caso de la arena utilizada (El Triunfo) solo se tamizó y se separó las partículas de tamaños mayores a 4,75 mm.

2.2.2.2 Clasificación de los agregados

Los agregados se clasifican según su naturaleza, su densidad y su tamaño.

a. Por su naturaleza:

Pueden ser artificiales y naturales, siendo estos los de uso más frecuente.

b. Por su densidad:

Normales.- Son aquellos agregados cuya gravedad específica no es mayor de 2,75 ni menor de 2,5. Los materiales principales que se utilizan para un hormigón normal son las gravas, arenas y las rocas trituradas.

Ligeros.- Son aquellos agregados cuya gravedad específica es menor de 2,5, como la arcilla expandida y esquistosa, conchillas calcáreas, perlita, vermiculita, piedra pómez, tobas (caliza porosa), pizarra expandida, cascote de ladrillos, aserrín, virutas.

Pesados.- Son aquellos agregados cuya gravedad específica es mayor de 2,75 como la barita, hierro de desecho o la magnetita son agregados para producir hormigones pesados.

c. Por su tamaño:

Agregado grueso.- Es el material que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas, puede clasificarse a su vez en piedra achancada o grava.

Entre las principales características que debe cumplir el agregado grueso están las siguientes:

- ✓ Deben ser partículas duras, limpias inertes y cumplir con una granulometría adecuada
- ✓ No deben presentar formas alargadas o aguja.

Para evaluar la calidad del agregado grueso deberá cumplir con las especificaciones NTE INEN 0872^[3], que indican los porcentajes de sustancias dañinas que puedan tener en el momento de la fabricación del hormigón y que no deberán exceder de lo siguiente:

- ✓ La cantidad del material que pase el tamiz N°200 no deberá exceder el 1%. (NTE INEN 697).
- ✓ La máxima cantidad de materiales ligeros es de 0,5% (NTE INEN 699).
- ✓ La cantidad máxima de grumos de arcillas es de 5% (NTE INEN 698).
- ✓ El desgaste máximo por el ensayo de abrasión es de 50% (ASTM C 131).
- ✓ La resistencia a la disgregación utilizando sulfato de magnesio es de 18% (NTE INEN 863).

Si bien los agregados son los componentes inertes del concreto, su influencia en las características del concreto es notable; sin embargo durante años su estudio fue descuidado, debido principalmente al costo comparativo con el costo del cemento. Hoy en día se conoce la influencia del agregado en las propiedades del concreto tanto en estado fresco y endurecido.

Para este desarrollo de tesis se utilizó como agregado grueso calizas Huayco.

Agregado fino.-Conocido comúnmente como arena, es el material resultante de la desintegración natural de las rocas o se obtiene por trituración de las mismas, que poseen un tamaño menor a los 4,75mm.

Se usa como material llenante de los agregados gruesos, brindándole manejabilidad al hormigón, un agregado fino con partículas redondas y formas suaves requiere

una menor cantidad de agua para el mezclado. El exceso de arena en el hormigón demanda una mayor cantidad de agua para producir un asentamiento específico ya que entre más arena tenga la mezcla necesita mayor cantidad de agua, por ende se necesita más cantidad de cemento para conservar la relación agua/cemento y la falta de arena refleja la aspereza de la mezcla.

Las sustancias perjudiciales permitidas para el agregado fino, según la norma mencionada anteriormente, son las siguientes:

- ✓ La cantidad del material que pase el tamiz N°200 no deberá exceder el 3% (NTE INEN 697).
- ✓ La máxima cantidad de materiales ligeros es de 1% (NTE INEN 699).
- ✓ La cantidad máxima de grumos de arcillas es de 3% (NTE INEN 698).
- ✓ La cantidad de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación es de 3% (NTE INEN 864).

Las arenas también se pueden clasificar en:

Arena gruesa: es el material cuyos granos pasan el tamiz 4,75mm y son retenidos en el tamiz de 2,5mm de diámetro.

Arena media: es el material cuyos granos pasan el tamiz de 2,5mm y son retenidos en el tamiz de 1mm de diámetro.

Arena fina: es el material cuyos granos pasan el tamiz de 1mm y son retenidos en el tamiz de 0,25mm de diámetro.

Las arenas de grano grueso brindan mayor resistencia al mortero, a pesar que necesita mayor cantidad de conglomerante para llenar los vacíos y ser adherente.

Para este trabajo de tesis se utilizó arena negra de grano grueso proveniente de El Triunfo (Foto 2.3).



Foto 2.3 - Arena utilizada "EL TRIUNFO".

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Sin importar el tipo de arena que se utilice en la fabricación del hormigón, es necesario que las arenas sean duras y resistentes, basados en la teoría que la porción de agregado fino en la mezcla causa un mayor efecto que el agregado grueso y que el hormigón falla por su elemento más débil.

2.2.2.3 Sustancias perjudiciales en los Agregados

La contaminación de los agregados queda expuesta cuando la resistencia de diseño del hormigón se ve minimizada, afectando la apariencia y la durabilidad de sus elementos^[4].

a. Arcilla y limo

Los materiales como arcilla y limo disminuyen la adherencia que existe entre la pasta de cemento y los agregados, haciendo perder la capacidad aglutinadora del cemento, lo cual trae como consecuencia la disminución en la resistencia del hormigón.

En el caso de que la arcilla sea expansiva se genera un problema adicional cuando el hormigón se humedece, pues las partículas de arcillas se hinchan con el agua y producen tensión dentro de la masa de hormigón endurecido, que puede dar lugar a fallas en el hormigón de acuerdo al contenido de estas.

b. Materia orgánica

La materia orgánica proviene de la descomposición de material vegetal, tales como hojas, tallos y raíces, manifestándose en forma de humus. La materia orgánica afecta a las reacciones químicas de hidratación del cemento durante el fraguado.

c. Partículas deleznable

La presencia de materiales inestables o deleznable tales como partículas blandas, terrones de arcilla, madera, carbón y otras, disminuyen la resistencia del hormigón o su durabilidad, en el caso de estar expuestos a la abrasión.

Los agregados utilizados de acuerdo a las normas cumplieron con los parámetros de calidad del agregado los mismos que se muestran en la tabla 4.1.

2.2.3 Agua

La calidad de agua desempeña un papel importante en la fabricación de hormigón la norma NTE INEN 2617 determina que las impurezas del agua pueden causar inestabilidad del volumen de agua, interferir en el fraguado del hormigón, puede afectar adversamente la resistencia del hormigón y causar manchas en su superficie, también pueden conducir a la corrosión del refuerzo y por ende a la reducción de la durabilidad del hormigón.

El agua de mezclado no deberá contener cantidades indeseables de sustancias orgánicas. Muchos investigadores han llegado a la conclusión de que la variable más importante para alcanzar un hormigón de altas resistencias es la relación agua/cemento.

2.2.4 Aditivo plastificante

Un hormigón plástico resulta fácilmente trabajable y requiere poca o ninguna compactación, los aditivos plastificantes son aditivos que se adicionan al hormigón

de baja relación agua/cemento para producir un hormigón fluido de alto revenimiento.

En este trabajo de investigación se utilizó sikament plastificante debido a que la utilización de fibras en el hormigón hace que este sea poco trabajable. Sikament N°100 es un plastificante líquido que se rige bajo la norma ASTM C 494; y, es un producto manufacturado por sika libre de cloruros, no es toxico ni inflamable.

El plastificante utilizado es un aditivo que resultó muy efectivo y que produjo una mejora en la trabajabilidad del concreto, la dosificación del aditivo varía entre 0,5 y 1% del peso de cemento de la mezcla, según el aumento de manejabilidad o reducción de agua que se proponga obtener, se consideró conveniente utilizar el 1% del aditivo plastificante sikament N°100 por peso del cemento en la mezcla.

2.2.5 Fibras

2.2.5.1 Breve historia del uso de las fibras

Se tiene conocimiento que desde hace 4000 años ya se adicionaban fibras a morteros y hormigones para mejorar sus propiedades. Existen numerosos ejemplos del uso de las fibras a lo largo de la historia entre los cuales se menciona el uso de pelos de caballo en el mortero, la paja en ladrillos de barro cocidos al sol. Este tipo de fibras naturales se utilizaron aproximadamente hasta el año 1935, su uso fue disminuyendo debido a la invención de fibras sintéticas.

A principios del año 1900, se utilizaban fibras de asbesto (amianto) en el hormigón, y fue tema de gran interés pues había la necesidad de encontrar un reemplazo para el amianto, una vez que se revelaron riesgos para la salud asociados con el mismo. Las fibras sintéticas han tenido una aplicación en el campo de la construcción más tardía en comparación a otras fibras, pues la investigación de los hormigones reforzados con nuevas fibras continúa en la actualidad.



Foto 2.4 - Fibras de polipropileno utilizadas.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

2.2.5.2 Definición de fibras

Son elementos de corta longitud y pequeña sección transversal que van incorporadas en la mezcla de hormigón con la finalidad de mejorar propiedades específicas en estado fresco y/o endurecido.

El concreto reforzado con fibras, no es más que concreto hecho a partir de cementos hidráulicos, conteniendo agregados finos y gruesos, y fibras discretas discontinuas, según el ACI, AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO).

La norma ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (SOCIEDAD AMERICANA PARA PRUEBAS DE MATERIALES) define a las fibras como filamentos finos y alargados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que puede ser distribuido en una mezcla de hormigón fresco.

2.2.5.3 Propiedades de las fibras para el hormigón (ACI 544-2002)

Las fibras a emplearse como adición en el hormigón deben tener propiedades físico – químicas, mecánicas y geométricas, según sean las propiedades específicas a mejorar del hormigón, entre las cuales se detallan:

- ✓ Propiedades físico – químicas: densidad, estabilidad química, resistencia al fuego, entre otras.
- ✓ Propiedades mecánicas: resistencia, ductilidad, rigidez, elongación a la rotura, entre otras.
- ✓ Propiedades geométricas: longitud, sección transversal, la longitud debe ser mayor al diámetro, entre otras.

La efectividad del uso de fibras en el hormigón tal como se indica en la norma ACI 544-2002 se ve contemplada en características como:

- ✓ Existencia de una buena adherencia entre la fibra y la matriz de hormigón.
- ✓ Las fibras deben poseer un módulo de elasticidad más alto que la matriz del hormigón.
- ✓ La cuantía de fibras por volumen debe ser conveniente técnicamente.

2.2.5.4 Clasificación de fibras

El ACI 544 clasifica las fibras según su naturaleza en:

- ✓ Fibras orgánicas.
- ✓ Fibras inorgánicas.
- ✓ Fibras sintéticas.

Fibras orgánicas

Son de origen animal y vegetal. Las fibras de origen animal, por ejemplo los pelos de caballo, no progresaron en su uso porque los resultados no fueron satisfactorios; en las fibras de origen vegetal se utilizan las cortezas principalmente.

CLASIFICACIÓN DE
FIBRAS ORGÁNICAS

- ✓ Fibras de coco.
- ✓ Fibras de bagazo de caña de azúcar.
- ✓ Fibras de bambú.
- ✓ Fibras de madera.

A continuación se enuncian las características relevantes de la clasificación de fibras orgánicas según el comité del ACI 544:

Fibras de coco:

- Mayor resistencia a la abrasión.
- Libre de patógenos y semillas.
- Densidad baja.

Fibras de bagazo de caña de azúcar:

- Mejora la ductilidad y la resistencia a la tensión.
- Mayor resistencia al impacto y al desgaste.

Fibras de bambú:

- Presenta un bajo módulo de elasticidad
- Alta capacidad de absorción de agua.
- Sirve de sustitución de barras de acero.

Fibras de madera:

- Poseen resistencias sobre los 70MPa y pueden alcanzar resistencias diez veces más de la establecida.

Fibras inorgánicas

Existen varios tipos de fibras inorgánicas que se utilizan como refuerzo del hormigón, entre las principales se mencionan:

CLASIFICACIÓN DE FIBRAS INORGÁNICAS

}	Fibras de vidrio.
	Fibras metálicas.

Fibras de vidrio:

- No presenta problema frente a los álcalis del cemento, y a las elevadas temperaturas puesto que es un buen aislante térmico.

Fibras metálicas:

El hormigón con fibras de acero alcanza un módulo de elasticidad considerablemente mayor que el del hormigón hidráulico; una resistencia a la tracción significativamente superior; y un incremento en la resistencia al impacto y la fatiga.

Alcanza un incremento en la durabilidad del hormigón bajo las condiciones climáticas especificadas en ACI 544.

Fibras sintéticas

Entre los principales tipos de fibras sintéticas se citan las siguientes:

CLASIFICACIÓN DE
FIBRAS SINTÉTICAS

Fibras de nylon.
Fibras de polietileno.
Fibras de carbono.
Fibras de polipropileno.

Fibras de nylon:

Denotan estabilidad frente al calor, resistencia al impacto y resistencia a la flexión.

Fibras de polietileno:

Resistente a los ácidos concentrados, álcalis y muchos solventes orgánicos, resistente a temperaturas de hasta 82°C.

Fibras de carbono:

Resistencia alta a la tensión, presenta un alto módulo de elasticidad.

Fibras de polipropileno:

Son relativamente livianas, químicamente inertes por lo que resultan resistentes a la corrosión, tiene un bajo punto de fusión y poseen superficies totalmente impermeables.

Tabla 2. 2 Tipos de fibras más comunes y sus propiedades.

TIPO DE FIBRA	DIÁMETRO EQUIVALENTE (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Mpa)	MÓDULO DE YOUNG (GPa)	ALARGAMIENTO DE ROTURA (%)
ACRILICO	0,02 - 0,35	1100	200 - 400	2	1,1
ASBESTO	0,0015 - 0,02	3200	6000 - 1000	83 - 138	1,0 - 2,0
ALGODON	0,2 - 0,6	1500	400 - 700	4,8	3 - 1,0
VIDRIO	0,005 - 0,15	2500	1000 - 2600	70 - 80	1,5 - 3,5
GRAFITO	0,008 - 0,009	1900	1000 - 2600	230 - 415	0,5 - 1
ARAMIDA	0,01	1450	3500 - 3600	65 - 133	2,1 - 4
NYLON	0,02 - 0,4	1100	760 - 820	4,1	16 - 20
POLIESTER	0,02 - 0,4	1400	720 - 860	8,3	11,0 - 13,0
POLIPROPILENO	0,02 - 1	900 - 950	200 - 760	3,5 - 15	5,0 - 25,0
POLIVINIL	0,027 - 0,660	1300	900 - 1600	23 - 40	7,0 - 8,0
CARBON	-	1400	4000	230 - 240	1,4 - 1,8
RAYON	0,02 - 0,38	1500	400 - 600	6,9	10,0 - 25,0
BASALTO	0,0106	2593	990	7,6	2,56
POLIETILENO	0,025 - 1	960	200 - 300	5	3
SISAL	0,08 - 0,3	760 - 1100	228 - 800	11,0 - 27,0	2,1 - 4,2
COCO	0,11 - 0,53	680 - 1020	108 - 250	2,5 - 4,5	14 - 41
YUTE	0,1 - 0,2	1030	250 - 350	26 - 32	1,5 - 1,9
ACERO	0,15 - 1	7840	345 - 3000	200	4,0 - 10,0

Fuente: ACI 544.5R-10, 2010.

2.3 FIBRAS DE POLIPROPILENO

Son filamentos continuos de polímeros termoplásticos, fabricados a partir de la transformación química de productos originados en la industria petroquímica.

2.3.1 Clasificación de las fibras de polipropileno según el proceso de fabricación

Según su proceso de fabricación se clasifican en:

- ✓ Monofilamentos extruidos.
- ✓ Láminas fibriladas.

2.3.2 Clasificación de las fibras de polipropileno en función del diámetro

En función del diámetro de la fibra se clasifica en:

- ✓ Micro-fibras < 0,30mm de diámetro.
- ✓ Macro-fibras ≥ 0,30mm de diámetro.

Las fibras empleadas para fines no estructurales (micro-fibras), denotan una mejora en algunas propiedades, como el control de la fisuración por retracción, incremento de la resistencia a la abrasión, impacto, fuego, entre otros. Las fibras empleadas con

fines estructurales (macro-fibras), proporcionan una mayor energía de rotura pudiendo implicar la sustitución parcial o total de armadura en ciertas aplicaciones, cuya longitud varia de 20 a 60 mm, guardando una relación 3:1 respecto al tamaño máximo del agregado.

Para el desarrollo de este tema de tesis la fibra de polipropileno usada fue con fines estructurales porque tiene 0,9 +/- 0,1mm de diámetro y porque se evaluó el comportamiento que adquiere el hormigón al poseer fibras de polipropileno en su matriz.

2.3.3 Tipos de fibras de polipropileno comerciales

En el desarrollo de este trabajo de tesis se solicitó información sobre los productos sintéticos que provee la empresa CIPEQ empresa ecuatoriana de Guayaquil, entre ellos describimos las siguientes según las especificaciones técnicas dadas por el proveedor^[5]:

2.3.3.1 Tipo Monofilamento

Tabla 2. 3- Fibras de polipropileno tipo monofilamento.

Especificaciones Generales.	
Tipo de fibra:	Monofilamento.
Color:	Blanco.
Diámetro de la fibra:	0.03 +/- 0.005 mm.
Longitudes:	6, 12, 19 mm etc.
Textura:	Lisa.
Presentación	Funda de 1Kg, Saco de 20 Kg.
Especificaciones Técnicas.	
Materia prima:	Propileno.
Elongación del filamento:	15 - 20%.
Punto de fusión (°C):	160 -170.
Resistencia acida y alcalina:	Fuerte.
Resistencia a la tensión:	500 MPa.
Densidad:	0.91 gr/cm ³

Fuente: Briture – Cipeq S.A.

Se caracteriza porque se dispersa fácilmente en el mortero u hormigón sin presentar aglomeraciones, tampoco tiene necesidad de cambiar la proporción del mortero garantizando así la propiedad de resistencia al agrietamiento, solo hay que vaciar las fibras en la mezcla y se agita después de la adición de agua.

Tiene un excelente rendimiento y su utilidad está en revoques, debido al gran número de fibras finas que se extiende en el mortero de manera uniforme, en enlucidos es mucho más fácil y esto puede mejorar la fuerza de unión entre la superficie y la base.



Foto 2.5 - Fibras tipo monofilamento

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Funciones

- ✓ Incrementa la resistencia a la filtración.
- ✓ Reemplaza el enmallado de acero en procesos de enlucidos.
- ✓ Previene la separación del mortero.
- ✓ Incrementa la resistencia al impacto y al descascamiento.

2.3.3.2 Tipo Malla

Tabla 2. 4- Fibras de polipropileno tipo malla.

Especificaciones Generales.	
Tipo de fibra:	Malla.
Color:	Transparente.
Diámetro de la fibra:	100µm.
Longitudes:	12, 15, 20, 38 mm.
Textura:	Lisa.
Presentación	Saco de 5 Kg.
Especificaciones Técnicas.	
Materia prima:	Propileno.
Elongación del filamento:	10%.
Punto de fusión (°C):	160 -170.
Resistencia acida y alcalina:	Fuerte.
Resistencia a la tensión:	560 - 770 MPa.
Densidad:	0.91gr/cm ³
Módulo de elasticidad	3500 Mpa

Fuente: Briture – Cipeq S.A.

Se recomienda usar la fibra de polipropileno tipo malla en construcciones de carreteras de concreto, puentes, pistas de aeropuertos y pisos industriales que requieren estrictamente resistencia al agrietamiento; con el uso de este tipo de fibras la vida de duración del concreto puede alargarse de 5 a 10 años.



Foto 2.6 – Fibras tipo malla

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Así mismo puede utilizarse en la construcción de paredes de túneles y minas, en techos y reservorios; cuando en el proceso de construcción se utiliza mortero proyectable las fibras de polipropileno, incluidas en este, ayudan a disminuir la tasa de deformación de las paredes por debajo del 8%, y en techos por debajo del 12%, pudiendo reducir también la fricción. Esto mejorará la eficiencia en la construcción y trabajabilidad, por consiguiente hará más popular la técnica del mortero proyectable.

2.3.3.3 Tipo Ramilla

Tabla 2. 5- Fibras de polipropileno tipo ramilla.

Especificaciones Generales.	
Tipo de fibra:	Ramilla.
Color:	Gris
Diámetro de la fibra:	0.3-+/- 0.05mm.
Longitud:	54 mm.
Textura:	Torones.
Presentación	Saco de 5 Kg.
Especificaciones Técnicas.	
Materia prima:	Propileno.
Resistencia acida y alcalina:	Fuerte.
Resistencia a la tensión:	560 MPa.
Densidad:	0.91 gr/cm ³
Módulo de elasticidad	5000 Mpa

Fuente: Briture – Cipeq S.A.

La fibra tipo ramilla puede reemplazar el uso de fibra de acero; en comparación con la fibra de acero la fibra tipo ramilla tiene la ventaja de proporcionar una dispersión fácil y homogénea sin producir desgastes en los equipos. Esta fibra es fabricada mediante un proceso de extrusión seguido de una torsión para de esta manera proporcionar un mejor anclaje dentro del hormigón, reforzándolo y evitando completamente el agrietamiento.



Foto 2.7 – Fibras tipo ramilla

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Funciones.

- ✓ Incrementa la resistencia a la filtración.
- ✓ Previene la separación del mortero.
- ✓ Incrementa la resistencia al impacto y al descascaramiento.

2.3.3.4 Tipo Ondulada

Tabla 2. 6- Fibras de polipropileno tipo ondulada.

Especificaciones Generales.	
Tipo de fibra:	Ondulada.
Color:	Blanco.
Diámetro de la fibra:	0.9 +/- 0.1 mm.
Longitud:	50 mm.
Textura:	Ondulada.
Presentación	Saco de 5 Kg.
Especificaciones Técnicas.	
Materia prima:	Propileno.
Elongación del filamento:	15 - 20 %.
Punto de fusión (°C):	160 - 170.
Resistencia acida y alcalina:	Fuerte.
Resistencia a la tensión:	500 - 700 MPa.
Módulo de elasticidad	5192 Mpa

Fuente: Briture – Cipeq S.A.

Características de las fibras de polipropileno tipo ondulada

- ✓ Es hidrófoba.
- ✓ Tiene una larga duración.
- ✓ Aporta en la adherencia con la matriz del hormigón debido a las ondulaciones que posee.
- ✓ Tiene resistencia a los agentes externos.
- ✓ Tiene peso ligero.

Características de las fibras de polipropileno en la mezcla de hormigón

- ✓ Fácil de dispersar y de utilizar.
- ✓ Puede reemplazar la fibra de acero en el concreto.
- ✓ No requiere de medidas especiales de seguridad ni de conservación

Funciones de la fibra ondulada en el hormigón

- ✓ Previene la separación del mortero.
- ✓ Incrementa la resistencia al impacto.
- ✓ Incrementa la resistencia a la filtración.
- ✓ Incrementa la resistencia a la fricción.
- ✓ Aumenta la resistencia al congelamiento y descongelamiento (variación de temperatura).
- ✓ Incrementa la protección a la corrosión.



Foto 2.8 - Fibras tipo ondulada

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

CAPÍTULO III

ETAPA EXPERIMENTAL

3.1. MEZCLA DE HORMIGÓN CON FIBRAS DE POLIPROPILENO

3.1.1 Diseño

El diseño de hormigón se basó en la metodología ACI 211.1 su procedimiento se describe a continuación:

Paso 1.- Selección del revenimiento

El revenimiento fue seleccionado de acuerdo al tipo de estructura en la que se pretende emplear el hormigón. Se optó por *Losas y pavimentos* (revenimiento= entre 7,5 y 2,5 cm). En la Tabla 3.1 se muestran los diferentes tipos de elementos y el revenimiento para cada uno de ellos.

Tabla 3. 1- Revenimientos de acuerdo al tipo de estructura

CONSISTENCIA PARA DISTINTOS TIPOS DE CONSTRUCCIONES			
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO EN EL CONO DE ABRAMS		
	MÁXIMO	MÍNIMO	recomendado
muros armados de cimentación y zapatas	7,5	2,5	5
zapatas, cajones de cimentación y muros de sub estructura sencillos	7,5	2,5	5
vigas y muros reforzados	10	2,5	6,25
columnas para edificios	10	2,5	6,25
pavimentos y losas	7,5	2,5	5
concreto masivo	5	2,5	3,75

Fuente: Código ACI 211.1

Paso 2.- Selección del tamaño máximo de agregado

El tamaño máximo del agregado grueso se obtuvo del análisis granulométrico como se muestra en el anexo 2, en este caso fue 1” (25,4mm).

Paso 3.- Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire

Para el cálculo de cantidad de agua necesaria y el porcentaje de aire incluido en la mezcla se utilizó la siguiente tabla.

Tabla 3. 2 Cantidad de agua de amasado y contenido de aire

AGUA DE MEZCLADO PARA DISTINTOS REVENIMIENTO % TAMAÑOS DE AGREGADOS								
AGUA EN LTRS. POR M ³ DE HORMIGÓN PARA TAMAÑOS DE AGREGADOS INDICADOS								
TAMAÑO DEL AGREGADO								
REVENIMIENTO	9,5 mm	13 mm	19 mm	25 mm	38 mm	51 mm	76 mm	152 mm
CMS	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
HORMIGÓN SIN AIRE INCLUIDO LTRS/M ³								
2,5 A 5	207,5	197,6	182,8	177,8	163,0	153,1	143,3	123,5
7,5 A 10	227,2	217,3	202,5	192,6	177,8	168,0	158,0	138,3
14-17,5	242,0	227,2	212,4	202,5	187,7	177,8	168,0	148,2
mas 17,5*	-	-	-	-	-	-	-	-
CANTIDAD APROXIMADA DE AIRE ENTRAMPADO EN EL HORMIGÓN	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2

Fuente: Código ACI 211.1

Los diseños de hormigón se elaboraron sin aire incluido, por lo que la cantidad de agua de mezclado corresponde a 192,6 litros, con el 1,5% de aire atrapado.

Paso 4.- Ajustes del volumen de agua de amasado

Se realizó el ajuste del volumen del agua de amasado, de la siguiente manera:

$$Vol\ de\ agua\ corregido = \left(\frac{w\% \text{ grueso} + w\% \text{ fino}}{100} + 1 \right) * vol\ de\ agua\ tabulada$$

Paso 5.-Selección de la relación agua-cemento (a/c)

Se conoce como relación A/C a la razón existente entre el peso del agua con respecto al peso del cemento. Para la selección de la relación agua-cemento (a/c) se debe conocer previamente la resistencia específica a la compresión.

Tabla 3. 3 Relación a/c para diferentes Esfuerzos de compresión

A / C	Kg / cm ²
0,70	140
0,65	190
0,60	210
0,55	250
0,50	290
0,45	310
0,40	350
0,35	390
0,30	410

Fuente: Código ACI 211.1

Paso 6.- Cálculo del contenido de cemento portland

Se obtuvo la cantidad de cemento portland para cada diseño de hormigón, que será igual al contenido estimado de agua de mezclado dividido entre la relación A/C.

Mediante la siguiente formula:

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

Dónde:

C= Cantidad de cemento por m³ de hormigón.

A= Cantidad de agua por m³ de hormigón.

A/C = Relación agua-cemento seleccionada.

Paso 7.- Estimación del contenido de agregado grueso

Se estimó la cantidad del agregado grueso VAG para el diseño mediante interpolación usando la Tabla 3.4 el cual fue VAG=0,667. El módulo de finura del agregado fino calculado para la mezcla fue 2,93 y el tamaño máximo del agregado fue de 1”.

$$\text{Contenido de agregado grueso} = \frac{VAG * PVV}{DSSS}$$

Dónde:

VAG=Volumen del agregado grueso.

PVV= Peso volumétrico varillado.

DSSS = Densidad saturada superficialmente seca.

Tabla 3. 4 - Volúmen del agregado grueso por volúmen unitario de hormigón para diferentes tipos de MF

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO		MÓDULO DE FINURAS			
		2,40	2,60	2,80	3,00
PULGADAS	mm				
3/8 "	9,80	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2 "	12,70	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4 "	19,00	0,66	0,64	0,62	0,6
1 "	25,40	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2 "	38,10	0,75	0,73	0,71	0,69
2 "	58,80	0,78	0,76	0,74	0,72
3 "	76,20	0,82	0,8	0,78	0,76
6 "	152,40	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Código ACI 211.1

Paso 8.- Cálculo del volumen del agregado fino

Se estimó la cantidad requerida de agregado fino por el método de volumen absoluto. Se restó del volumen unitario (1m³ del hormigón) el volumen total de los componentes conocidos como son; agua, aire, cemento y agregado grueso para obtener el volumen requerido de agregado fino.

Paso 9.- Ajuste en la mezcla de prueba

La corrección del ACI consiste en que la cantidad de agregado grueso no debe exceder el 60% y el 40% agregado fino del volumen de los agregados.

Para la evaluación del comportamiento del hormigón se desarrollaron tres diseños de mezclas de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm², 280 kg/cm² y 325 kg/cm²; en cada una se realizaron tres mezclas: hormigón sin adición de fibras, hormigón con adición de 3 y de 6 kg/m³ de fibras de polipropileno.

Para las mezclas con adición de fibras de polipropileno las proporciones de los materiales a utilizar fueron las mismas que se emplearon en la mezcla de hormigón hidráulico, solamente se agregaron las fibras. En las mezclas patrón y las mezclas con adición de fibras de polipropileno se utilizó plastificante sikament N°100.

Tabla 3. 5 – Dosificación para diseños de hormigón.

DOSIFICACIÓN PARA DISEÑOS DE HORMIGÓN EN Kg.			
MATERIALES	RESISTENCIA EN Kg/cm ²		
	210	280	325
CEMENTO	61,10	81,95	104,07
PIEDRA	167,17	155,63	143,38
ARENA	99,41	92,55	85,26
AGUA	31,22	31,22	31,22
ADITIVO	0,61	0,82	1,04

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.1.2 Mezclado

El proceso de mezclado del hormigón se desarrolló utilizando una máquina concretera, de capacidad de medio saco.

Primero se colocó la mitad de la grava con el agua de absorción por el lapso de un minuto, seguidamente se añadió todo el cemento, arena, y el restante de agua y grava mezclándose por tres minutos, según indica el MTOP 801-3.02, las fibras se añadieron al final de los tiempos indicados y se mezcló por otros dos minutos, el aditivo plastificante fue incorporado en el agua de amasado. El agua empleada fue agua potable proveniente de la red pública. En el anexo 48 se muestra el mezclado del hormigón^[6].

3.1.3 Llenado, compactación y curado

Se utilizaron moldes cilíndricos de 15cm de diámetro y de 30 cm de altura, y vigas rectangulares de 15x15x50 cm, que cumplen con los requisitos de la norma ASTM C 470^[7].

El llenado de los moldes cilíndricos se efectuó en tres capas, cada una apisonada con una varilla de punta redonda, con 25 golpes por capa, y posteriormente se golpeó el molde con un mazo de goma, de 10 a 15 veces según rige la norma INEN1576.

El llenado de las vigas se efectuó en dos capas, cada una apisonada con una varilla de punta redonda con 25 golpes por capa, y posteriormente se golpeó el molde con un mazo de goma, de 10 a 15 veces según rige la norma INEN1576. En el anexo 50 se muestra la elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas.

Las muestras de hormigón al cumplir las 24 horas de su elaboración permanecieron sumergidas en una piscina de curado hasta que cumplieron con la edad que dice la norma ASTM C 39.

Una vez que cumplida la edad requerida se procedió a retirar las probetas de la piscina de curado y, luego de 45 minutos de secado, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a cilindros según indica la ASTM C 39; resistencia a la flexión a vigas según la norma ASTM C78-94; y, la resistencia a la tracción indirecta – ensayo brasileño a cilindros según la norma ASTM C496.

3.2. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

3.2.1 Determinación del porcentaje de absorción

Es la cantidad de agua que posee la muestra de ensayo para la determinación de su masa, se lo determina a partir de la norma ASTM C 70 mediante la siguiente expresión:

$$w = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100\%$$

Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el anexo 1.

3.2.2 Determinación del análisis granulométrico

La granulometría es la distribución de las partículas en el cual el agregado grueso y fino debe cumplir con la norma ASTM C 33.

Para el desarrollo de esta tesis se utilizó agregado grueso (grava) de piedra caliza, tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", y agregado fino (arena negra) proveniente de El Triunfo.

Los resultados obtenidos de los análisis granulométricos para agregado grueso y agregado fino se muestran en los anexos 2 y 3 respectivamente.



Foto 3.1 - Granulometría del agregado grueso

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Foto 3.2 - Granulometría del agregado fino.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tamaño máximo del agregado grueso:

Se denomina tamaño máximo del agregado al menor tamaño de malla por el que pasa el 100% del material. Para los diseños hormigón según la granulometría realizada acorde a la norma ASTM C 33 resultó de 1" tal como se muestra en el anexo 2.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso:

Es el menor tamaño de malla por el cual pasa la mayor parte del agregado, este parámetro influye en la economía del hormigón. El tamaño máximo de los agregados gruesos no debe ser mayor a:

- a. 1/5 de la dimensión más pequeña del miembro del concreto.
- b. 3/4 del espaciamiento libre entre las barras del refuerzo.
- c. 1/3 del peralte de las losas.

El tamaño máximo nominal del agregado según el ensayo granulométrico fue de 3/4" tal como se muestra en el anexo 2.

Módulo de finura del agregado fino

Es un valor índice promedio que se obtiene al dividir para 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices de la serie granulométrica.

El módulo de finura apto en la elaboración de mezclas de hormigón no debe ser menor a 2,3 ni mayor a 3,10 según lo recomienda la norma ASTM C 33. Un agregado fino con un módulo de finura menor a 2,3 da como resultado un hormigón con consistencia pegajosa lo cual es difícil compactar. El material usado presenta un módulo de finura de 2,97 tal como se muestra en el anexo 3.

3.2.3 Determinación del peso volumétrico suelto P.V.S.

Este ensayo se realiza mediante la norma ASTM C138 con lo cual se consigue la conversión de dosificación por peso a dosificación por volumen, para conocer la cantidad de agregado por metro cúbico de concreto.

Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el anexo 4.



Foto 3.3 - PVS del agregado grueso.
Fuente: Andreina Malavé – Jorge Pozo



Foto 3.4 - PVS del agregado fino.
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.2.4 Determinación del peso volumétrico varillado P.V.V.

Este ensayo se realiza mediante la norma INEN 858 y es utilizado para determinar los valores de masa unitaria compactada, que se determinan para la selección de las dosificaciones para las mezclas de hormigón. El resultado del peso volumétrico varillado del agregado grueso se muestra en el anexo 5.



Foto 3.5 - PVV del agregado grueso.
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.2.5 Determinación de la densidad saturada superficialmente seca D.S.S.S.

Este ensayo se realiza para determinar la masa de las partículas del agregado, que incluye los poros permeables que se llenan de agua al sumergirlo durante un periodo de tiempo. Los resultados obtenidos del ensayo de densidad saturada superficialmente seca basada en la norma ASTM C70-94 se muestran en el anexo 6.



Foto 3.6 - DSSS del agregado fino.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.2.6 Resistencia al desgaste

Este ensayo se realiza mediante la norma ASTM C131 siendo un indicador de la calidad del agregado, el ensayo consiste en determinar la degradación del agregado como resultado de la acción de rozamiento entre las esferas y el agregado dentro de la máquina de los ángeles. Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el anexo 7.



Foto 3.7 - Abrasión de los ángeles.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.2.7 Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz N#200

El desarrollo de este ensayo según la INEN 697 se puede llevar a cabo por dos procedimientos:

- ✓ Procedimiento A: Lavado con agua corriente.
- ✓ Procedimiento B: Lavado usando un agente humectante.

Buscando el procedimiento más factible para la determinación por lavado del material que pasa por la malla No. 200, se adoptó el procedimiento A, donde la muestra de agregado es lavado con agua corriente, libre de impurezas. El agua de lavado decantada contiene material suspendido y disuelto que se pasa a través de la malla No. 200. La tabla muestra la masa mínima en gramos según el tamaño máximo nominal del agregado usado que es de ¾”.

Tabla 3. 6– Masa mínima para la muestra.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	MASA MÍNIMA EN GRAMOS
Mayor que 4.75mm (No. 4) hasta 9.5mm (3/8”)	1000
Mayor que 9.5mm (3/8”) hasta 19.0mm (3/4”)	2500
Mayor que 19.0mm (3/4”)	5000

Fuente: Norma NTE INEN 697.

Cálculos:

$$A = \frac{(B - C)}{B} * 100$$

A= porcentaje de material más fino que el tamiz 0.075mm (No. 200) por lavado.

B= 300 gr. masa original seca de la muestra de ensayo en gr.

C= masa seca de la muestra de ensayo de lavado gr.

Los resultados obtenidos de este ensayo se muestran en el anexo 8.

3.2.8 Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables

Este ensayo se realiza mediante la norma INEN 698 y consiste en tratar de romper las partículas de arena y grava con los dedos, sin utilizar uñas o una superficie dura y determinar el porcentaje de arcillas y partículas desmenuzables.

La tabla mostrada fue extraída de la norma y presenta el juego de tamices y cantidad de muestra que se deben usar.

Tabla 3. 7 – Masa mínima de muestra para ensayo.

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS QUE FORMAN EL ENSAYO	MASA MÍNIMA EN GRAMOS
4.75mm a 9.5mm (No. 4 a 3/8")	1000
9.5mm a 19.0mm (3/8" a 3/4")	2000
19.0mm a 37.5mm (3/4" a 1 1/2")	3000
Sobre 37.5mm (1 1/2")	5000

Fuente: Norma NTE INEN 698.

A continuación se presentan los tamices que indica la norma que deben utilizarse posteriormente a la remoción de terrones de arcilla y partículas desmenuzables.

Tabla 3. 8– Tamices para remover los residuos de terrones de arcillas.

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS QUE FORMAN EL ENSAYO	TAMAÑO DEL TAMIZ PARA REMOVER LOS RESIDUOS DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES
Retenido en el tamiz 1,18mm (No. 16)	850µm (No. 20)
4,75mm a 9.5mm (No. 4 a 3/8")	2,36mm (No. 8)
9.5mm a 19,0mm (3/8" a 3/4")	4,75mm (No. 4)
19.0mm a 37,5mm (3/4" a 1 1/2")	4,75mm (No. 4)
Sobre 37.5mm (1 1/2")	4,75mm (No. 4)

Fuente: Norma NTE INEN 698.

Cálculos

Para agregado fino:

$$P = \frac{(M - R)}{M} * 100$$

P= porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables.

M= masa de partículas más gruesas que el tamiz de 1,18mm (No. 16), proveniente del ensayo de material más fino que el tamiz No. 200 por lavado.

R= masa de partículas retenidas en el tamiz estipulado.

Para agregado grueso:

El porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables del agregado grueso se consigue luego de promediar el porcentaje de estos dos elementos en cada fracción de tamaño de tamiz.

$$P = \frac{P1 + P2 + P3}{3}$$

P= porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables del agregado grueso.

P1= porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables de la fracción 4,75mm a 9,5mm (No. 4 a 3/8”).

P2= porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables de la fracción 9,5mm a 19,0mm (3/8” a 3/4”).

P3= porcentaje de terrones de arcilla y partículas desmenuzables de la fracción 19,0mm a 37,5mm (3/4” a 1 1/2”).

Los resultados obtenidos de este ensayo se muestran en el anexo 9.

3.2.9 Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón

Este ensayo está basado en la norma INEN 855 y consiste en dejar reposar por 24 horas la muestra en una solución normalizada de hidróxido de sodio.

Mediante el ensayo se comprueba la aceptabilidad del agregado fino determinando el contenido de impurezas orgánicas que son inapropiadas para la fabricación del hormigón

Para concluir con el ensayo se utiliza un comparador de colores estándar llamado escala de colores de Garder que es un instrumento que consta de cinco vidrios de colores normalizados, a través de la comparación se obtuvo que la arena El Triunfo es apta para la fabricación de hormigones porque el color resultante fue el No. 5 perteneciente a la escala 1.



Foto 3.8 - Impurezas orgánicas del agregado fino.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.2.10 Determinación del porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación

Este ensayo está basado en la norma INEN 864 y es aplicable a las arenas naturales o manufacturadas utilizadas para hacer hormigones y contribuye a determinar el contenido de partículas finas o pulverulentas.

El porcentaje de las partículas finas se calcula con la siguiente fórmula y los resultados obtenidos se muestran en el anexo 10:

$$P = \frac{H * 0.6}{A} * 100$$

Dónde:

P= porcentaje de partículas finas.

H= Volumen de la capa de partículas finas.

A= Masa de la muestra de ensayo en gramos.

Para el desarrollo de este ensayo se utilizó arena natural de El Triunfo que fue la arena utilizada en la fabricación de los diferentes diseños de hormigón.



Foto 3.9 – Ensayo de partículas en suspensión del agregado fino.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.2.11 Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de magnesio

Este ensayo está basado en la norma INEN 863. Consiste en someter una muestra de agregado a la acción de 5 ciclos de exposición y secado en una solución de sulfato de magnesio de $G_s = 1,3$ para determinar cuáles son los efectos, bajo esta operación, de las partículas del agregado.

Los efectos que se producirían en el agregado pueden clasificarse como: desintegración, agrietamiento, división, desmoronamiento, entre otros. Al culminar el último ciclo y posterior al lavado, se debe tamizar la muestra por los tamices que se describen en la siguiente tabla presente en la norma indicada.

Tabla 3. 9 – Tamices para determinar la pérdida según la fracción del árido grueso.

TAMAÑO DEL ÁRIDO	TAMIZ UTILIZADO PARA DETERMINAR LA PÉRDIDA SEGÚN LAS FRACCIONES DEL AGREGADO GRUESO.
100mm a 90mm	75mm
90mm a 75mm	63mm
75mm a 63mm	50mm
63mm a 37,5mm	31,5mm
37,5mm a 19,0mm	16,0mm
19,0mm a 9,5mm	8,0mm
9,5mm a 4,75mm	4,0mm

Fuente: Norma NTE INEN 698.



Foto 3.10 - Solidez del agregado grueso mediante el uso de sulfato de magnesio.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el anexo 11.

3.2.12 Determinación de partículas livianas

Este ensayo está basado en la norma INEN 699. A través de este ensayo de laboratorio se determina la cantidad de material liviano contenido en los agregados fino y grueso, mediante la separación por decantación y flotación en la solución de cloruro de zinc en agua utilizado como líquido denso cuya gravedad específica $G_s = 2,0$.

El ensayo de la determinación de partículas livianas se efectuó basado con una cantidad de masa que indica la tabla, adquirida de la norma técnica, para agregado fino el tamaño de la masa es de 200gr, y, para agregado grueso el tamaño de la masa es de 3000gr.

Tabla 3. 10 – Tamaño mínimo para la muestra de ensayo.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	MASA MÍNIMA EN GRAMOS
4.75mm o menores	200
9.5mm	1500
12.5mm a 19.0mm	3000
25mm a 37.5mm	5000
50mm o mayores	10000

Fuente: Norma NTE INEN 699.

Para este ensayo se debe hacer uso de un adecuado equipo de protección personal, para evitar riesgos producidos por la sustancia que contiene la solución utilizada.

Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el anexo 12.

Cálculos

Para agregado fino:

$$P = \frac{A}{B} * 100$$

Para agregado grueso:

$$P = \frac{A}{C} * 100$$

P= porcentaje en masa de partículas livianas.

A= masa seca de las partículas que flotan.

B= masa seca más gruesa que 300 μm .

C= masa seca más gruesa que 4,75 μm .



Foto 3.11 - Ensayo de partículas livianas
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.2.13 Índice de alargamiento y aplanamiento de una muestra de agregado grueso

Este ensayo se realiza mediante la norma ASTM D4791 con el fin de conocer un estimado en la calidad del agregado grueso. El exceso de partículas planas y alargadas resulta un problema debido a su escasa durabilidad y a que dificultan la compactación.

Cálculos

$$\text{Índice de alargamiento} = \frac{\text{masa para el índice de alargamiento}}{\text{masa inicial}} * 100$$

$$\text{Índice de aplanamiento} = \frac{\text{masa para el índice de aplanamiento}}{\text{masa inicial}} * 100$$

Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el anexo 13.

3.3. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO

3.3.1 Medición de la temperatura del hormigón

Este ensayo se realiza mediante la norma ASTM C 1064 y determina la temperatura de hormigón recién mezclado. El medidor de temperatura se coloca en la mezcla del material por un tiempo no menor de 2 ni mayor a 5 minutos, el sensor de temperatura debe estar sumergido dentro del hormigón a 3 pulgadas de profundidad. Este ensayo se realizó en todas las fundiciones.



Foto 3.12 - Medición de la temperatura del hormigón.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.3.2 Determinación del asentamiento del hormigón

Este ensayo se realiza mediante la norma ASTM C 143 el cual consiste en medir la trabajabilidad que tiene un hormigón recién mezclado. Debe realizarse con un molde metálico en forma de cono truncado con una base de 200 mm de diámetro, la parte superior de 100 mm de diámetro y una altura de 300 mm.

Un hormigón de consistencia plástica significa un asentamiento de 8cm y resulta una mezcla ni seca ni fluida, logrando una masa uniforme, de buena cohesión y sin segregación. Este ensayo se realizó en todas las fundiciones.

Existen tres clases de revenimiento que describen un comportamiento diferente al realizar el ensayo, que de forma indirecta mide el asentamiento en mezclas:

- a. Para mezclas de consistencia plástica su asentamiento es uniforme o normal.
- b. Para mezclas de consistencia fluida su asentamiento es por corte.
- c. Para mezclas de consistencia muy fluida su asentamiento es desplomado.

Valores de asentamientos para diseños de hormigón recomendados por el ACI

En los diseños de hormigón realizados se consideró un asentamiento mínimo de 2 y máximo de 10 cm según la tabla 3.7.



Foto 3.13 – Revenimiento del hormigón.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

3.3.3 Trabajabilidad

Es la facilidad de manipulación, transporte, colocación y compactación del hormigón fresco, definiéndose en trabajabilidad buena, regular y mala. La trabajabilidad del hormigón fresco influye en el hormigón terminado, debido a que la compactación está en función de la trabajabilidad, y que de la compactación depende la densidad del hormigón fraguado; es por esto que a mayor compactación mayor densidad y por ende mayor resistencia del hormigón. A continuación se presenta la tabla de trabajabilidad y rango de consistencia del hormigón en estado fresco:

Tabla 3. 11 – Mezclas según su asentamiento.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Muy Rigida	0 - 2,5	Poco Trabajable
Rigida	2,5 - 7,5	Poco Trabajable
Plastica	7,5 - 12,5	Trabajable
Fluida	12,5 - 19	Trabajable
Liquida	>19	Muy Trabajable

Fuente: ACI 309.

Entre los principales factores que intervienen en la trabajabilidad del hormigón se tienen los siguientes:

- ✓ La cantidad de agua que se añade a la mezcla.
- ✓ La granulometría.
- ✓ Forma y textura de los agregados.
- ✓ Finura de la arena

Los diseños de hormigón realizados tuvieron consistencia plástica lo que equivale a una óptima trabajabilidad.

3.3.4 Contenido de fibras de polipropileno

Este ensayo está basado en la norma UNE 83512-2 y se realiza antes del inicio del fraguado del hormigón mediante un lavado con agua corriente. Al hormigón fresco se lo desagrega, es decir se separa las fibras de polipropileno a la mezcla del hormigón, para luego lavarlas y secarlas al horno y poder determinar el porcentaje

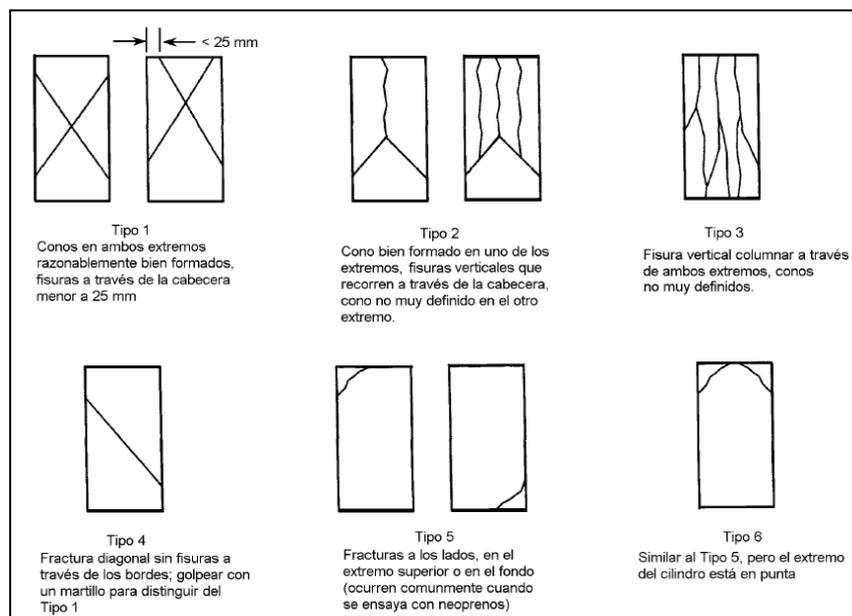
del contenido de fibras de polipropileno. Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el anexo 14.

3.4. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

3.4.1 Determinación de la resistencia a la compresión

Es el ensayo con el que se evalúa la resistencia de diseño del hormigón. Este ensayo está basado en la norma ASTM C 39 y se realiza mediante la aplicación de cargas axiales sobre probetas cilíndricas a los 3, 7 y 28 días como indica la norma, estableciéndose que a los 7 días de edad el hormigón alcanza los 2/3 de la resistencia que adquirirá a los 28 días, que es la edad cuando consigue el 100% de la resistencia, también se realizó la desviación estándar para la resistencia de 280 Kg/cm². Los resultados a compresión obtenidos para las resistencias propuestas se muestran en los anexos 18 al 26.

Existen diferentes tipos de fracturas que aparecen después de haber realizado el ensayo a compresión los cuales se indican en la figura 3.1 presente en la norma NTE INEN 1573.



Gráfica 3.1- Esquema de modelos típicos de fracturas

Fuente: NTE INEN 1573.

En la presente tesis después de haber ensayado 184 cilindros el tipo de fractura predominante en los cilindros rotos a compresión corresponde al tipo 3 según la gráfica mostrada.



Foto 3.14 - Ensayo de resistencia a la compresión del hormigón.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.4.2 Determinación de la resistencia a la flexión – Módulo de rotura

Este ensayo es realizado a vigas de hormigón simple accionado bajo cargas en el punto medio o en los puntos tercios del claro de la viga. El módulo de rotura se encuentra entre el 10 y 20% de la resistencia de diseño. La variación entre el módulo de rotura de la viga cargada en los puntos tercios y el módulo de rotura de la viga cargada en el punto medio es del 15% ^[8], se ensayaron en total 90 vigas a los días de 3, 7 y 28 días con carga en los puntos tercios del claro de la viga según rige la norma ASTM C 78. Los resultados de módulo de rotura obtenidos para las resistencias propuestas se muestran en los anexos 27 al 35.



Foto 3.15 - Ensayo de resistencia a flexión del hormigón.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.4.3 Determinación de la resistencia a la tracción indirecta – Ensayo Brasileño

Este ensayo es realizado sobre probetas cilíndricas, cúbicas o prismáticas. Se ensayaron 27 probetas cilíndricas las cuales fueron sometidas a una fuerza de compresión aplicada sobre una banda estrecha de madera aproximadamente de 2 cm de ancho cuya carga se distribuye en toda su longitud según la norma ASTM C 496. El resultado de la fuerza de tracción ortogonal resultante origina que la probeta se rompa a tracción. Los resultados a la tracción indirecta obtenidos para las resistencias propuestas se muestran en el anexo 36 las cuales fueron ensayadas al día 28.



Foto 3.16 - Ensayo de resistencia a tracción del hormigón.

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.4.4 Determinación del Módulo de elasticidad del hormigón a compresión

Este ensayo se realiza según la norma ASTM 469 y proporciona una relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria del hormigón endurecido a cualquier edad y condiciones de curado establecidas.

Este ensayo fue realizado en el Laboratorio Dr. Arnaldo Rufilli de la Universidad Estatal de Guayaquil, en donde se ensayaron 18 probetas cilíndricas de hormigón patrón y con adición de fibras de polipropileno.

Los resultados de los módulos elásticos obtenidos para las resistencias propuestas se muestran en los anexos 37 a 38.



Foto 3.17 - Modulo elástico del Hormigón.
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

3.4.5 Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del hormigón

Este ensayo determina la presencia de vacíos y grietas en el hormigón el cual es determinado mediante la norma ASTM C 597

Para el desarrollo del ensayo se aplicó un gel de acoplamiento a las caras de los transductores y en las caras de la probeta. Se presionó firmemente las caras de los transductores contra la superficie del concreto, hasta que se indicó un tiempo de tránsito estable y se midió este tiempo de tránsito. Luego se determinó la distancia en línea recta entre los centros de las caras de los transductores.

Cálculo:

$$V = \frac{L}{T}$$

V= Velocidad del pulso en m/ seg.

L= Distancia entre los centros de las caras de los transductores en m.

T= Tiempo de tránsito en seg.

Los resultados obtenidos para este ensayo se muestran en el anexo 44.

3.4.6 Determinación de la permeabilidad al aire – Método Torrent

El ensayo se realizó en el centro técnico del hormigón Holcim con la finalidad de conocer la calidad del hormigón de recubrimiento y por ende la durabilidad del hormigón mediante ensayos a probetas cilíndricas de hormigón patrón y de probetas con adición de 3 kg de fibras de polipropileno por metro cúbico de hormigón.

Con los resultados obtenidos de este ensayo se logró conocer que las probetas fabricadas para el desarrollo de la tesis son de permeabilidad moderada y que la presencia de fibras en la mezcla de hormigón no aumenta la permeabilidad del mismo. Los resultados se muestran en el anexo 45.

CAPÍTULO IV

RESULTADO DE ENSAYOS

4.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

La siguiente tabla muestra los resultados de ensayos realizados al agregado grueso (calizas Huayco proveniente de Guayaquil), y al agregado fino (arena gruesa proveniente de El Triunfo).

Tabla 4. 1 – Resultados obtenidos de ensayos realizados a los agregados

ENSAYOS DE LOS AGREGADOS	NORMA	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO	
Porcentaje de absorción	ASTM C 70	1,12	%	2,35	%
Peso volumétrico suelto P.V.S.	ASTM C 138	1359	Kg/m ³	1476	Kg/m ³
Peso volumétrico varillado P.V.V.	INEN 0858	1452	Kg/m ³	-----	
Densidad saturada superficialmente seca D.S.S.S.	ASTM C 70-94	2721	Kg/m ³	2427	Kg/m ³
Resistencia al desgaste	ASTM C131	20,90	%	-----	
Lavado del material que pasa por el tamiz 75mm (No. 200)	NTE INEN 697	0,84	%	2,18	%
Contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables	NTE INEN 698	2,13	%	0,61	%
Impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.	NTE INEN 855	-----		Pertenece a la escala 1	
Porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación	NTE INEN 864	-----		1,20	%
Solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de magnesio	NTE INEN 863	5,01	%	-----	
Partículas livianas.	NTE INEN 699	0	%	0,03	%
Indice de alargamiento	ASTM D 4791-99/COGUANO	31,81	%	-----	
Indice de aplanamiento	R NTG 41.010H12	26,65	%	-----	
Análisis granulométrico ASTM C 33					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small;">GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small;">GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO</p> </div> </div>					

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

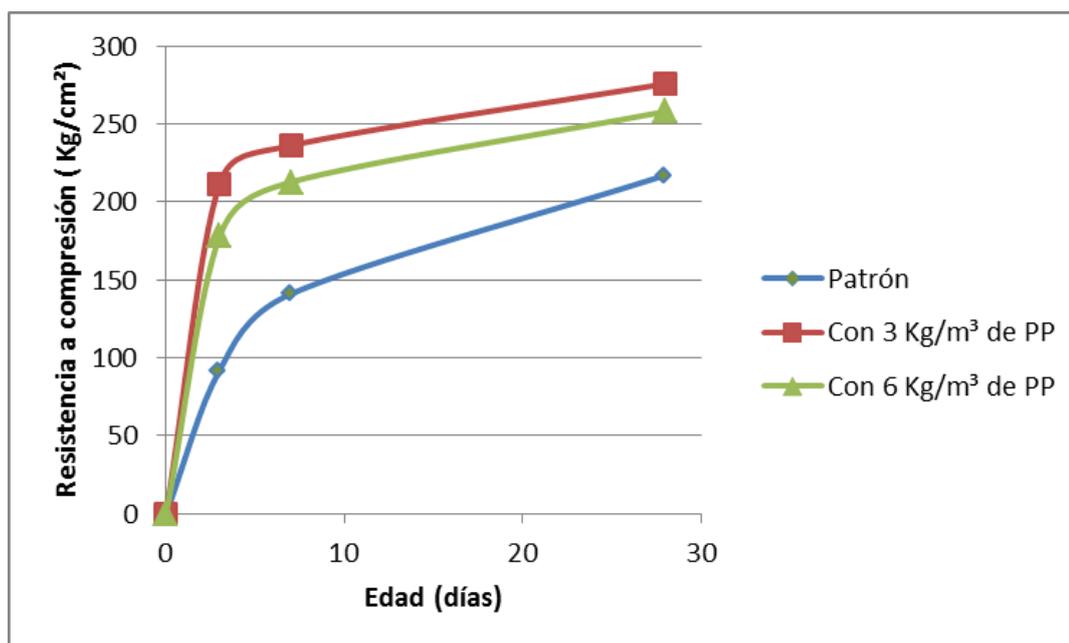
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO.

DISEÑO DE HORMIGÓN DE 210 Kg/cm².

Tabla 4. 2-Valores promedios de resistencias a compresión.
Diseño 210 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 210 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)					
	Patrón	% de F'c	Con 3 Kg/m ³ PP	% de F'c	Con 6 Kg/m ³ PP	% de F'c
3	92,02	43,82	211,6	100,76	177,91	84,72
7	141	67,14	236,16	112,46	212,67	101,27
28	217,16	100,00	275,84	131,35	257,99	122,85

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.1 - Valores promedios de resistencias a compresión
Diseño 210 Kg/cm².

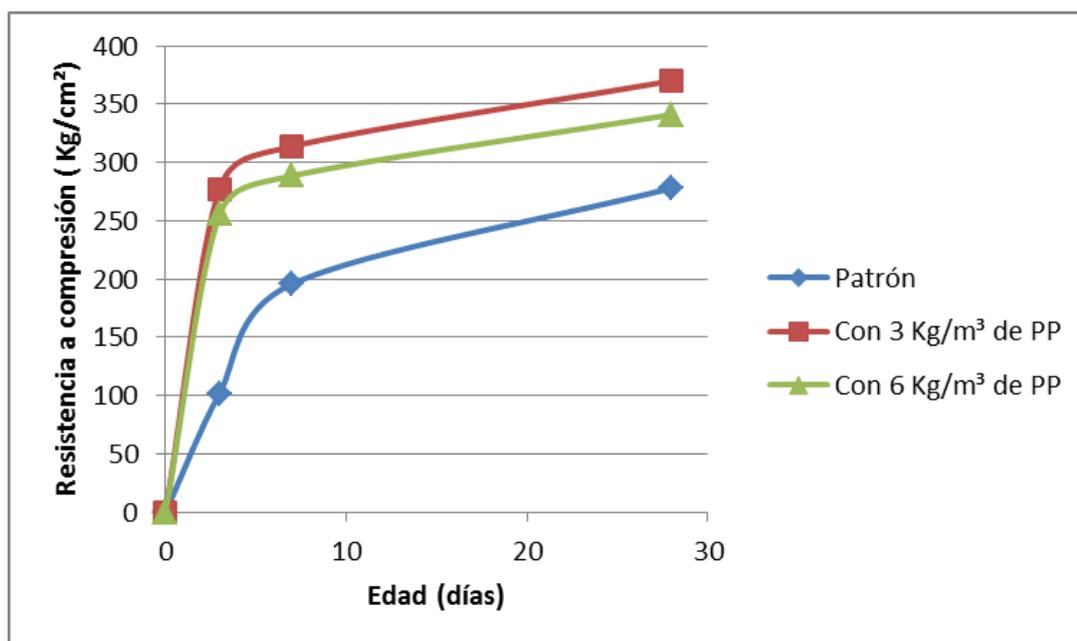
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

DISEÑO DE HORMIGÓN DE 280 Kg/cm².

Tabla 4. 3 - Valores promedios de resistencias a compresión
Diseño 280 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 280 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)					
	Patrón	% de F'c	Con 3 Kg/m ³ PP	% de F'c	Con 6 Kg/m ³ PP	% de F'c
3	102,02	36,44	276,13	98,62	255,52	91,26
7	195,82	69,94	309,78	110,64	288,57	103,06
28	280,00	100,00	377,69	134,89	341,06	121,81

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.2 - Valores promedios de resistencias a compresión
Diseño 280 Kg/cm².

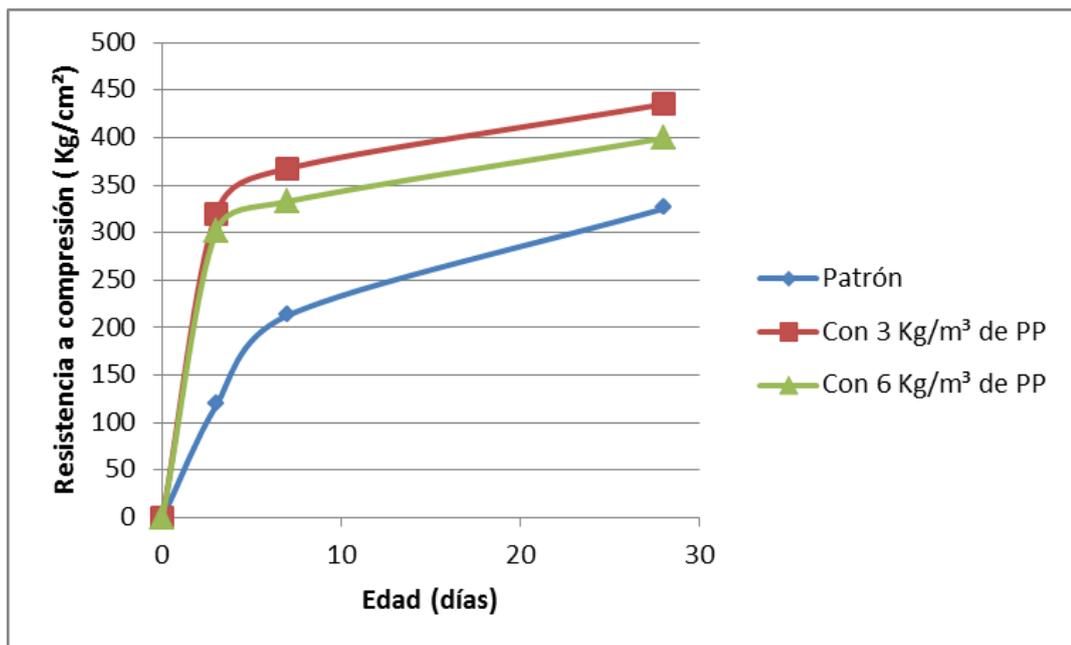
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

DISEÑO DE HORMIGÓN DE 325 Kg/cm².

Tabla 4. 4 - Valores promedios de resistencias a compresión
Diseño 325 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 325 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)					
	Patrón	% de F'c	Con 3 Kg/m ³ PP	% de F'c	Con 6 Kg/m ³ PP	% de F'c
3	118,11	36,34	320,10	98,49	301,28	92,70
7	212,83	65,49	367,49	113,07	332,75	102,38
28	325,00	100,00	435,22	133,91	399,27	122,85

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.3 - Valores promedios de resistencias a compresión
Diseño 325 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

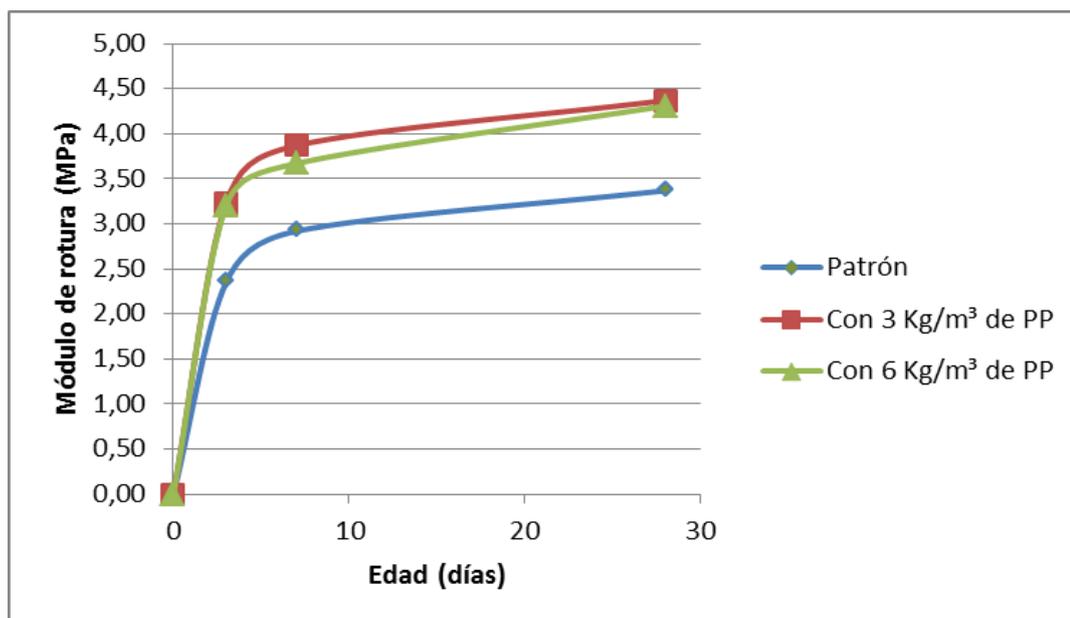
4.3 RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO

DISEÑO DE HORMIGÓN DE 210 Kg/cm²

Tabla 4. 5-Valores promedios de resistencias a flexión.
Diseño 210 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 210 Kg/cm ² (Mpa)						
EDAD (Días)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)					
	Patrón	10 -20 % de f'c	Con 3 Kg/m ³ de PP	10 -20 % de f'c	Con 6 Kg/m ³ de PP	10 -20 % de f'c
3	2,35	11,53	3,23	15,86	3,2	15,74
7	2,92	14,26	3,87	18,92	3,67	17,93
28	3,37	16,33	4,37	21,22	4,31	20,92

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.4 - Valores promedios de resistencias a flexión.
Diseño 210 Kg/cm².

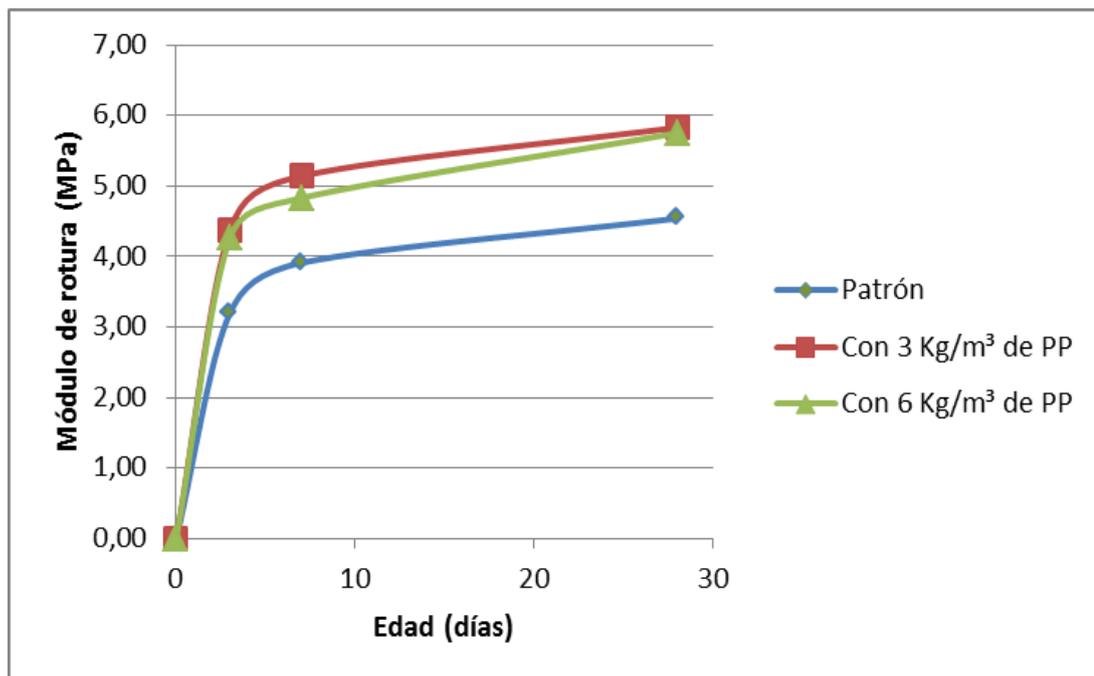
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

DISEÑO DE HORMIGÓN DE 280 Kg/cm²

Tabla 4. 6- Valores promedios de resistencias a flexión.
Diseño 280 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 280 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)					
	Patrón	10 -20 % de f'c	Con 3 Kg/m ³ de PP	10 -20 % de f'c	Con 6 Kg/m ³ de PP	10 -20 % de f'c
3	3,20	11,63	4,37	15,89	4,26	15,51
7	3,91	14,24	5,14	18,71	4,83	17,56
28	4,54	16,55	5,83	21,25	5,75	20,94

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.5 - Valores promedios de resistencias a flexión.
Diseño 280 Kg/cm².

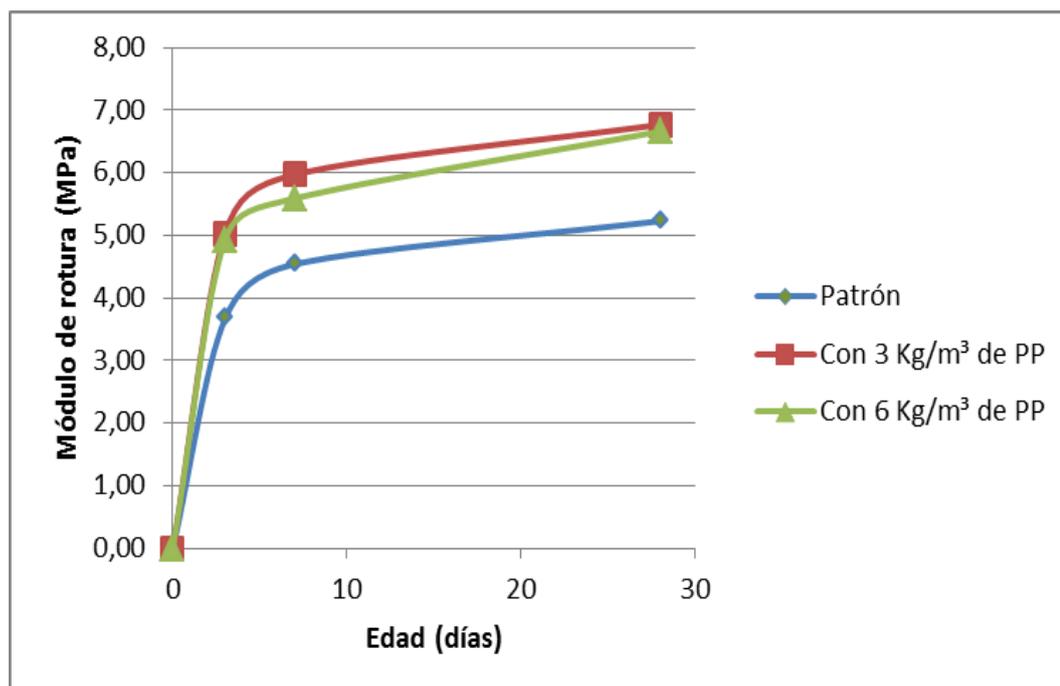
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

DISEÑO DE HORMIGÓN DE 325 Kg/cm²

Tabla 4. 7 - Valores promedios de resistencias a flexión.
Diseño 325 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 325 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)					
	Patrón	10 -20 % de f'c	Con 3 Kg/m ³ de PP	10 -20 % de f'c	Con 6 Kg/m ³ de PP	10 -20 % de f'c
3	3,67	11,52	5,03	15,78	4,93	15,47
7	4,54	14,24	5,97	18,72	5,59	17,53
28	5,23	16,39	6,77	21,23	6,66	20,88

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.6 - Valores promedios de resistencias a flexión.
Diseño 325 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

4.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO

Tabla 4. 8– Valores promedios de resistencia a tracción indirecta.
Diseño 210 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 210 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)					
	Patrón	10 % de F'c	Con 3 Kg/m ³ de PP	10 % de F'c	Con 6 Kg/m ³ de PP	10 % de F'c
56	2,5331	12,30	3,1258	15,18	2,7078	13,15

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 9 – Valores promedios de resistencia a tracción indirecta.
Diseño 280 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 280 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)					
	Patrón	10 % de F'c	Con 3 Kg/m ³ de PP	10 % de F'c	Con 6 Kg/m ³ de PP	10 % de F'c
56	3,4177	12,45	4,1349	15,06	3,6000	13,11

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 10 – Valores promedios de resistencia a tracción indirecta.
Diseño 325 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 325 Kg/cm ²						
EDAD (Días)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)					
	Patrón	10 % de F'c	Con 3 Kg/m ³ de PP	10 % de F'c	Con 6 Kg/m ³ de PP	10 % de F'c
56	3,9477	12,39	4,8694	15,28	4,3000	13,52

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

4.5 RESULTADOS OBTENIDOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE CILINDROS DE HORMIGÓN HIDRÁULICO Y HORMIGÓN ADICIONADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO

Tabla 4. 11– Valores promedios del módulo elástico.
Diseño de 210 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 210 Kg/cm ²				
EDAD (Días)	MÓDULO DE ELASTICIDAD			
	Patrón	Unidades	3 Kg/m ³ de fibras de pp.	Unidades
28	17647,747	MPa	18547,11	MPa

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 12 -Valores promedios del módulo elástico.
Diseño de 280 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 280 Kg/cm ²				
EDAD (Días)	MÓDULO DE ELASTICIDAD			
	Patrón	Unidades	3 Kg/m ³ de fibras de pp.	Unidades
28	23042,786	MPa	29595,695	MPa

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

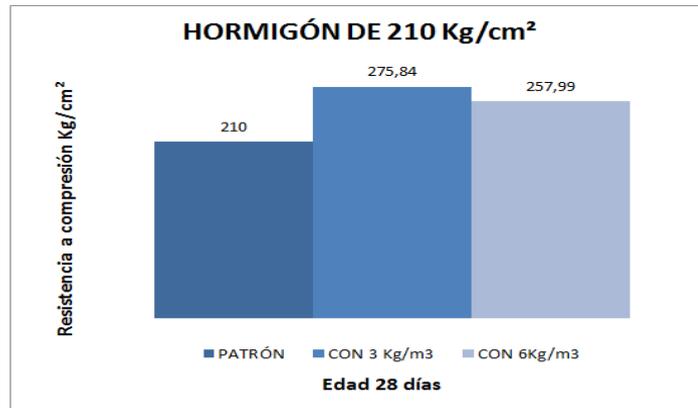
Tabla 4. 13 - Valores promedios del módulo elástico.
Diseño de 325 Kg/cm².

RESISTENCIA DE 325 Kg/cm ²				
EDAD (Días)	MÓDULO DE ELASTICIDAD			
	Patrón	Unidades	3 Kg/m ³ de fibras de pp.	Unidades
28	25932,82	MPa	32201,87	MPa

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

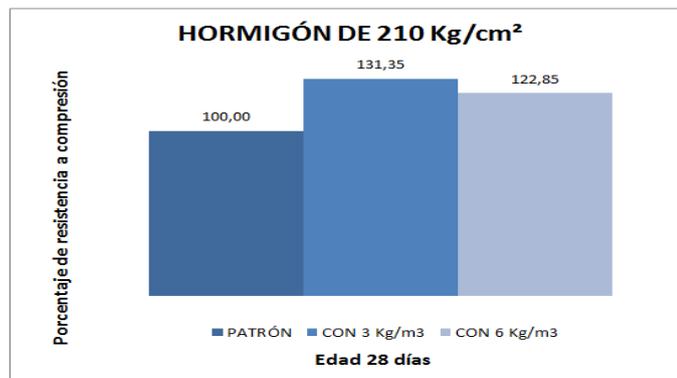
4.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.6.1 Resistencia a la compresión



Gráfica 4.7 - Resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 210 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

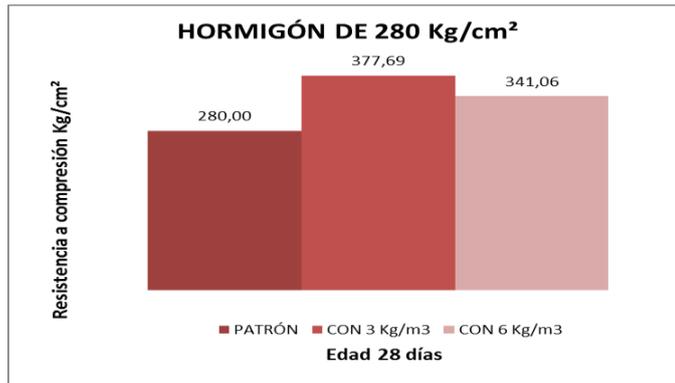


Gráfica 4.8 - Porcentajes de resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. - Diseño 210 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

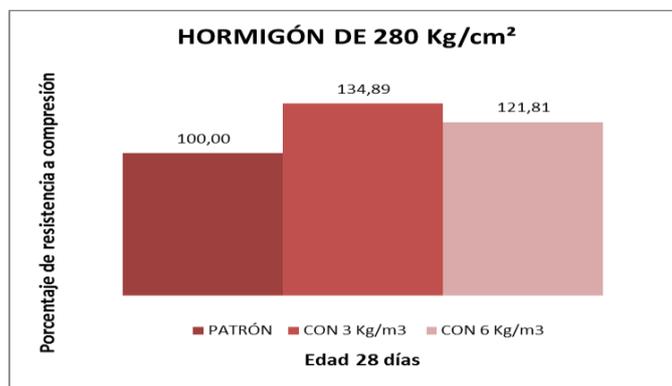
En la gráfica 4.7 se muestran las resistencias a la compresión obtenidas a los 28 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 210 Kg/cm².

En la gráfica 4.8 se puede observar que la resistencia a la compresión del hormigón con adición de 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 31,35% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 22,85% con respecto a la mezcla patrón.



Gráfica 4.9 - Resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 280 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

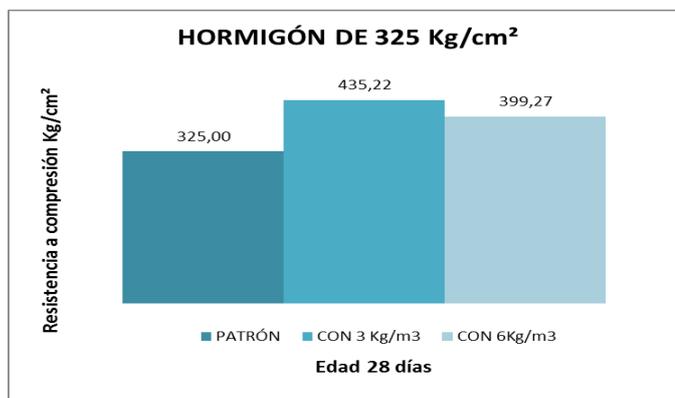


Gráfica 4.10 - Porcentajes de resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. - Diseño 280 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

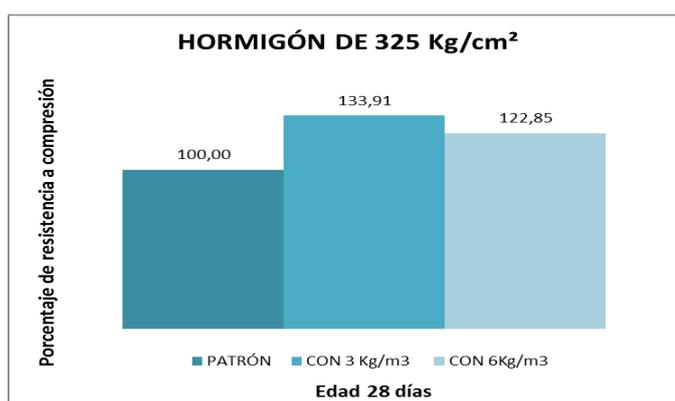
En la gráfica 4.9 se muestran las resistencias a la compresión obtenidas a los 28 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 280 Kg/cm².

En la gráfica 4.10 se puede observar que la resistencia a la compresión del hormigón con adición de 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 34,89% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 21,81% con respecto a la mezcla patrón.



Gráfica 4.11 - Resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 325 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.12 - Porcentajes de resistencias a compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. - Diseño 325 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la gráfica 4.11 se muestran las resistencias a la compresión obtenidas a los 28 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 325 Kg/cm².

En la gráfica 4.12 se puede observar que la resistencia a la compresión del hormigón con adición de 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 33,91% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 22,85% con respecto a la mezcla patrón.

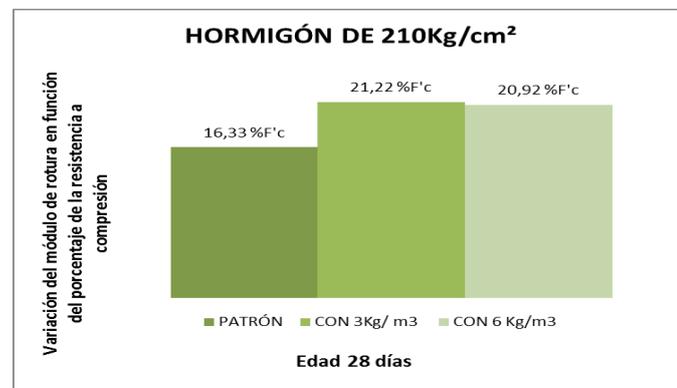
Por tanto podemos deducir que el hormigón de 280 Kg/cm² con adición de 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno obtuvo un mayor incremento en su resistencia a compresión, en cuanto a las muestras de resistencias de 210 Kg/cm² y de 325 Kg/cm² se observó una similitud en los incrementos con respecto al hormigón de 280 Kg/cm².

4.6.2 Resistencia a la flexión



Gráfica 4.13 - Resistencias a flexión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 210 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

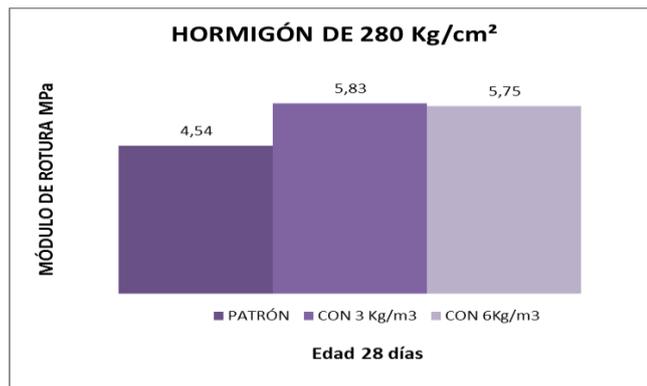


Gráfica 4.14 - Rango de variación del módulo de rotura en función de la resistencia del hormigón. Diseño 210 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la gráfica 4.13 se muestran los módulos de rotura obtenidos a los 28 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 210 Kg/cm².

En la gráfica 4.14 se puede observar que el módulo de rotura en función de f'c del hormigón al adicionar 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 4,89% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 4,59% con respecto a la mezcla patrón.



Gráfica 4.15 - Resistencias a flexión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 280 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

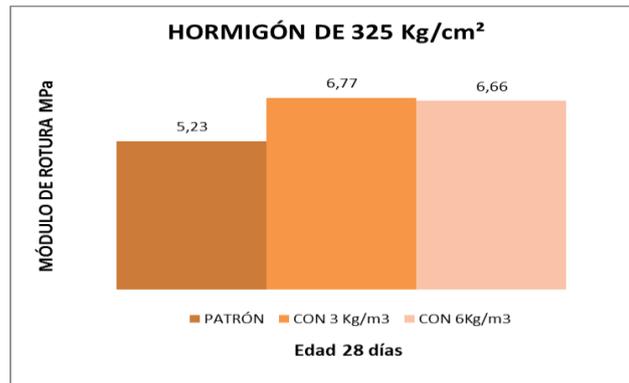


Gráfica 4.16 - Rango de variación del módulo de rotura en función de la resistencia del hormigón. Diseño 280 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la gráfica 4.15 se muestran los módulos de rotura obtenidos a los 28 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 280 Kg/cm².

En la gráfica 4.16 se puede observar que el módulo de rotura en función de f'c del hormigón al adicionar 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 4,70% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 4,39% con respecto a la mezcla patrón.



Gráfica 4.17 - Resistencias a flexión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 325 Kg/cm². Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



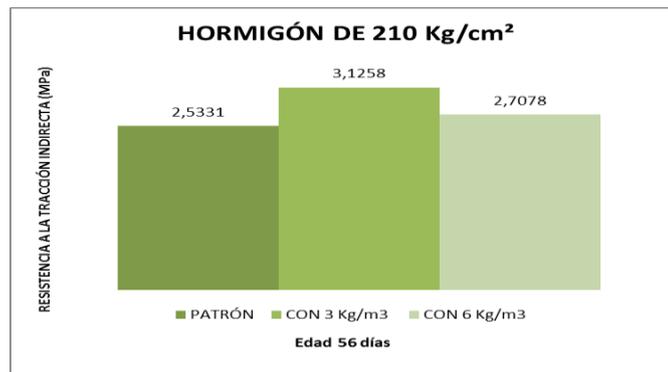
Gráfica 4.18 - Rango de variación del módulo de rotura en función de la resistencia del hormigón. Diseño 325 Kg/cm². Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la gráfica 4.17 se muestran los módulos de rotura obtenidos a los 28 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 325 Kg/cm².

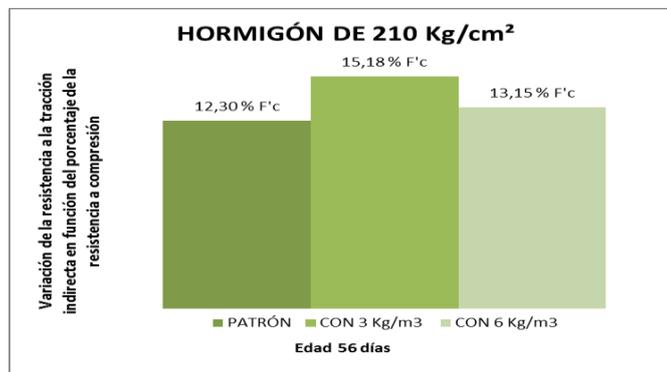
En la gráfica 4.18 se puede observar que el módulo de rotura en función de f'c del hormigón al adicionar 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 4,84% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 4,49% con respecto a la mezcla patrón.

Los resultados obtenidos determinan que el incremento del módulo de rotura en función de f'c fue de 4,81% cuando la adición de fibras es de 3 Kg/m³; y, 4,49% cuando la adición de fibras fue de 6 Kg/m³.

4.6.3 Resistencia a la tracción indirecta – Ensayo brasileño



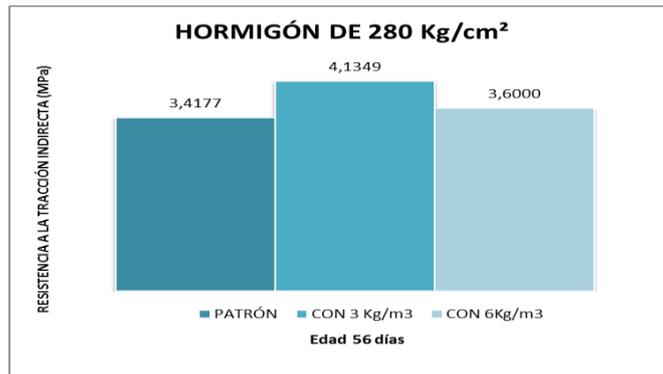
Gráfica 4.19 - Resistencias a tracción indirecta de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 210 Kg/cm². Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.20 - Porcentajes de resistencias a tracción indirecta en función de la resistencia a la compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP- Diseño 210 Kg/cm². Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

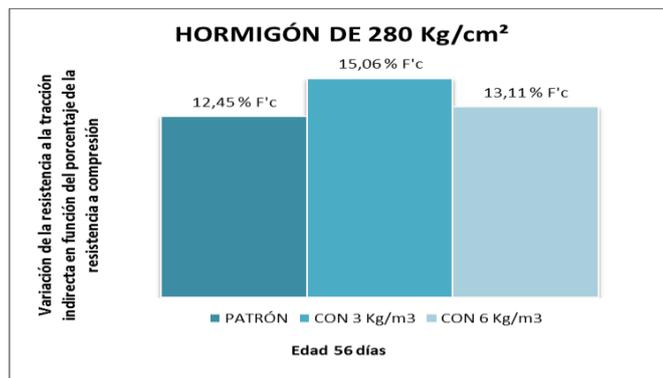
En la gráfica 4.19 se muestran las resistencias a la tracción indirecta obtenidas a los 56 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 210 Kg/cm².

En la gráfica 4.20 se puede observar que la resistencia a la tracción indirecta en función de f'c del hormigón al adicionar 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 2,88% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 0,85% con respecto a la mezcla patrón.



Gráfica 4.21 - Resistencias a tracción indirecta de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 280 Kg/cm².

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

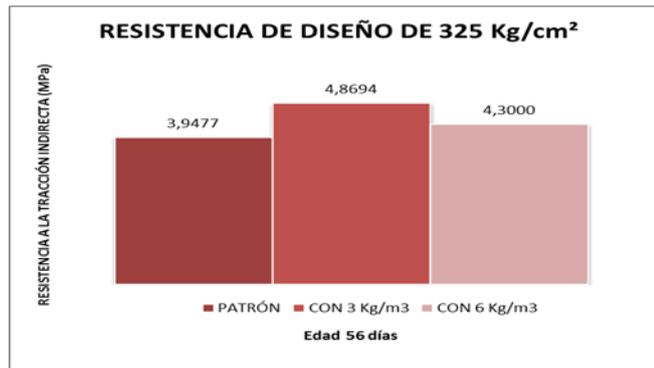


Gráfica 4.22 - Porcentajes de resistencias a tracción indirecta en función de la resistencia a la compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP - Diseño 280 Kg/cm².

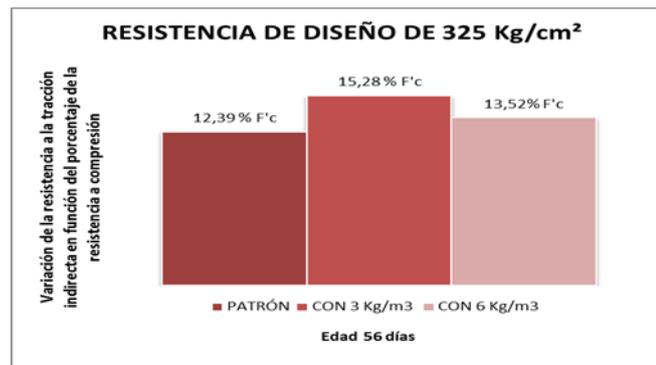
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la gráfica 4.21 se muestran las resistencias a la tracción indirecta obtenidas a los 56 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 280 Kg/cm².

En la gráfica 4.22 se puede observar que la resistencia a la tracción indirecta en función de f'c del hormigón al adicionar 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 2,61% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 0,66% con respecto a la mezcla patrón.



Gráfica 4.23 - Resistencias a tracción indirecta de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP. Diseño 325 Kg/cm². Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



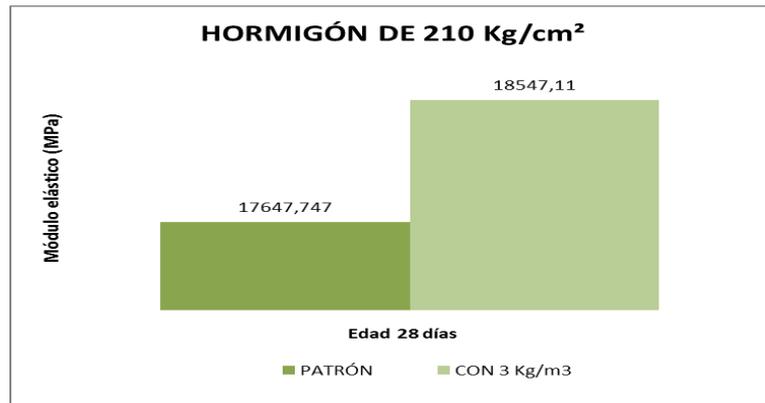
Gráfica 4.24 - Porcentajes de resistencias a tracción indirecta en función de la resistencia a la compresión de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP - Diseño 325 Kg/cm². Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la gráfica 4.23 se muestran las resistencias a la tracción indirecta obtenidas a los 56 días de edad de mezclas patrón, con adición de 3 y 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 325 Kg/cm².

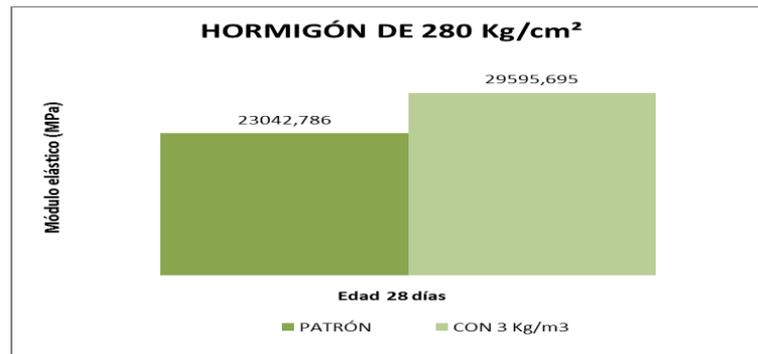
En la gráfica 4.24 se puede observar que la resistencia a la tracción indirecta en función de f'c del hormigón al adicionar 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa en 2,89% y con 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno incrementa 1,13% con respecto a la mezcla patrón.

Al analizar los resultados se denota que el incremento promedio en porcentaje de resistencia a la tracción indirecta en función de f'c con respecto a la muestra patrón fue de 2,79% al adicionar 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno; y, 0,88% al adicionar 6 Kg/m³ de fibras de polipropileno.

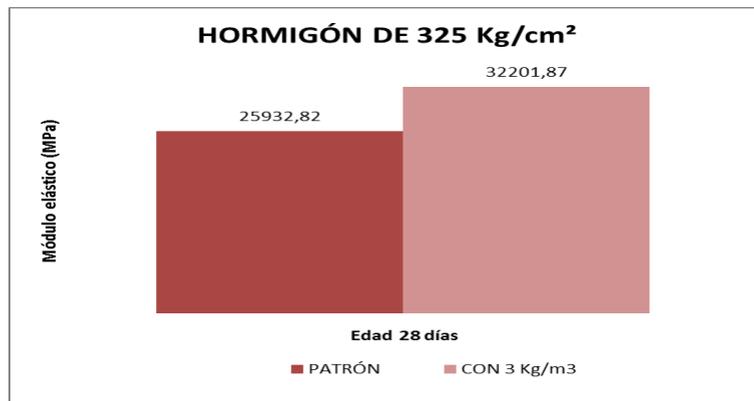
4.6.4 Módulo de elasticidad



Gráfica 4.25 - Módulos elásticos de mezclas: patrón, con adición de 3 kg/m³ de fibras de PP.
Diseño 210 Kg/cm².
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.26 - Módulos elásticos de mezclas: patrón, con adición de 3 kg/m³ de fibras de PP.
Diseño 280 Kg/cm².
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Gráfica 4.27 - Módulos elásticos de mezclas: patrón, con adición de 3 y 6 kg/m³ de fibras de PP.
Diseño 325 Kg/cm².
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la gráfica 4.25 se muestran los módulos elásticos obtenidos a los 28 días de edad de mezclas patrón y con adición 3 Kg/m^3 de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 210 Kg/cm^2 .

En la gráfica 4.26 se muestran los módulos elásticos obtenidos a los 28 días de edad de mezclas patrón y con adición 3 Kg/m^3 de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 280 Kg/cm^2 .

En la gráfica 4.27 se muestran los módulos elásticos obtenidos a los 28 días de edad de mezclas patrón y con adición 3 Kg/m^3 de fibras de polipropileno del diseño hormigón de 325 Kg/cm^2 .

Se puede observar que el hormigón con adición 3 Kg/m^3 de fibras de polipropileno presenta un mayor módulo elástico con respecto al hormigón hidráulico.

4.7 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO vs. HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO

Tabla 4. 14 – APU de hormigón de 210 kg/cm².

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU).							
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	RUBRO:	UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO CONCRETERA	8h= 24m ³ de hormigón
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	F'c 210 Kg/cm ²	LUGAR:	SANTA ELENA		
EQUIPO							
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL		
	Concretera	hora	0,33	4,38	1,45		
	Vibrador	hora	0,33	3,75	1,24		
				Sub-total	2,68		
MATERIALES							
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL		
	Cemento	saco (50 kg)	7,7998	7,52	58,65		
	Agregado grueso	m ³	0,78	20,00	15,60		
	Agregado fino	m ³	0,52	18,00	9,36		
	Agua	m ³	0,20	1,00	0,20		
	Aditivo Plastificante	kg	3,89	2,75	10,70		
				Sub-total	94,51		
MANO DE OBRA							
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL		
	4 Albañiles	hora	0,33	3,22	4,25		
	7 Oficiales	hora	0,33	3,18	7,35		
	1 Maestro	hora	0,030	3,57	0,11		
				Sub-total	11,70		
HERRAMIENTA MENOR 3%							
					3,27		
				Costo directo	112,16		
				Costo indirecto (35%)	39,26		
				Total	151,42		

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 15 – APU de hormigón de 210 kg/cm² con adición de 3Kg/m³ de fibras de polipropileno.

AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	RUBRO:	UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO CONCRETERA	8h= 24m ³ de hormigón
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	F'c 210 Kg/cm ² CON FIBRAS	LUGAR:	SANTA ELENA		
EQUIPO							
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL		
	Concretera	hora	0,33	4,38	1,45		
	Vibrador	hora	0,33	3,75	1,24		
				Sub-total	2,68		
MATERIALES							
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL		
	Cemento	saco (50 kg)	7,7998	7,52	58,65		
	Agregado grueso	m ³	0,78	20,00	15,60		
	Agregado fino	m ³	0,52	18,00	9,36		
	Agua	m ³	0,20	1,00	0,20		
	Aditivo Plastificante	kg	3,89	2,75	10,70		
	Fibras de polipropileno	Kg	3	6,00	18,00		
				Sub-total	112,51		
MANO DE OBRA							
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL		
	5 Albañiles	hora	0,33	3,22	5,31		
	7 Oficiales	hora	0,33	3,18	7,35		
	1 Maestro	hora	0,028	3,57	0,10		
				Sub-total	12,76		
HERRAMIENTA MENOR 3%							
					3,84		
				Costo directo	131,79		
				Costo indirecto (35%)	46,13		
				Total	177,92		

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 16 – APU de hormigón de 280 kg/cm².

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU).							
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	RUBRO:	UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO CONCRETERA	8h= 20m ³ de hormigón
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	F'c 280 Kg/cm ²	LUGAR:	SANTA ELENA		
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL			
Concretera	hora	0,4	4,38	1,75			
Vibrador	hora	0,4	3,75	1,50			
			Sub-total	3,25			
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL			
Cemento	saco (50 kg)	10,46	7,52	78,66			
Agregado grueso	m ³	0,74	20,00	14,80			
Agregado fino	m ³	0,48	18,00	8,64			
Agua	m ³	0,20	1,00	0,20			
Aditivo Plastificante	kg	5,23	2,75	14,38			
			Sub-total	116,68			
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL			
4 Albañiles	hora	0,4	3,22	5,15			
7 Oficiales	hora	0,4	3,18	8,90			
1 Maestro	hora	0,036	3,57	0,13			
			Sub-total	14,19			
HERRAMIENTA MENOR 3%							
						4,02	
Costo directo						138,14	
Costo indirecto (35%)						48,35	
Total						186,49	

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 17 – APU de hormigón de 280 kg/cm² con adición de 3Kg/m³ de fibras de polipropileno.

AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	RUBRO:	UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO CONCRETERA	8h= 20m ³ de hormigón
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	F'c 280 Kg/cm ² CON FIBRAS	LUGAR:	SANTA ELENA		
EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL			
Concretera	hora	0,4	4,38	1,75			
Vibrador	hora	0,4	3,75	1,50			
			Sub-total	3,25			
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL			
Cemento	saco (50 kg)	10,46	7,52	78,66			
Agregado grueso	m ³	0,74	20,00	14,80			
Agregado fino	m ³	0,48	18,00	8,64			
Agua	m ³	0,20	1,00	0,20			
Aditivo Plastificante	kg	5,23	2,75	14,38			
Fibras de polipropileno	Kg	3	6,00	18,00			
			Sub-total	134,68			
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL			
5 Albañiles	hora	0,4	3,22	6,44			
7 Oficiales	hora	0,4	3,18	8,90			
1 Maestro	hora	0,033	3,57	0,12			
			Sub-total	15,46			
HERRAMIENTA MENOR 3%							
						4,60	
Costo directo						158,00	
Costo indirecto (35%)						55,30	
Total						213,30	

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 18 – APU de hormigón de 325 kg/cm².

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU).																																										
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	RUBRO:	UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO CONCRETERA	8h= 17m ³ de hormigón																																			
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	F'c 325 Kg/cm ²	LUGAR:	SANTA ELENA																																					
EQUIPO																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Concretera</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>4,38</td> <td>2,06</td> </tr> <tr> <td>Vibrador</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>3,75</td> <td>1,76</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sub-total</td> <td>3,82</td> </tr> </tbody> </table>								DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL	Concretera	hora	0,47	4,38	2,06	Vibrador	hora	0,47	3,75	1,76	Sub-total				3,82															
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL																																						
Concretera	hora	0,47	4,38	2,06																																						
Vibrador	hora	0,47	3,75	1,76																																						
Sub-total				3,82																																						
MATERIALES																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento</td> <td>saco (50 kg)</td> <td>13,29</td> <td>7,52</td> <td>99,94</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>m³</td> <td>0,68</td> <td>20,00</td> <td>13,60</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>m³</td> <td>0,44</td> <td>18,00</td> <td>7,92</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>m³</td> <td>0,20</td> <td>1,00</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>Aditivo Plastificante</td> <td>kg</td> <td>6,64</td> <td>2,75</td> <td>18,26</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sub-total</td> <td>139,92</td> </tr> </tbody> </table>								DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL	Cemento	saco (50 kg)	13,29	7,52	99,94	Agregado grueso	m ³	0,68	20,00	13,60	Agregado fino	m ³	0,44	18,00	7,92	Agua	m ³	0,20	1,00	0,20	Aditivo Plastificante	kg	6,64	2,75	18,26	Sub-total				139,92
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL																																						
Cemento	saco (50 kg)	13,29	7,52	99,94																																						
Agregado grueso	m ³	0,68	20,00	13,60																																						
Agregado fino	m ³	0,44	18,00	7,92																																						
Agua	m ³	0,20	1,00	0,20																																						
Aditivo Plastificante	kg	6,64	2,75	18,26																																						
Sub-total				139,92																																						
MANO DE OBRA																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4 Albañiles</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>3,22</td> <td>6,05</td> </tr> <tr> <td>7 Oficiales</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>3,18</td> <td>10,46</td> </tr> <tr> <td>1 Maestro</td> <td>hora</td> <td>0,043</td> <td>3,57</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sub-total</td> <td>16,67</td> </tr> </tbody> </table>								DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL	4 Albañiles	hora	0,47	3,22	6,05	7 Oficiales	hora	0,47	3,18	10,46	1 Maestro	hora	0,043	3,57	0,15	Sub-total				16,67										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL																																						
4 Albañiles	hora	0,47	3,22	6,05																																						
7 Oficiales	hora	0,47	3,18	10,46																																						
1 Maestro	hora	0,043	3,57	0,15																																						
Sub-total				16,67																																						
HERRAMIENTA MENOR 3%																																										
						4,81																																				
Costo directo						165,22																																				
Costo indirecto (35%)						57,83																																				
Total						223,05																																				

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Tabla 4. 19 – APU de hormigón de 325 kg/cm² con adición de 3Kg/m³ de fibras de polipropileno.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU).																																															
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	RUBRO:	UNIDAD:	m ³	RENDIMIENTO CONCRETERA	8h= 17m ³ de hormigón																																								
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	F'c 325 Kg/cm ² CON FIBRAS	LUGAR:	SANTA ELENA																																										
EQUIPO																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Concretera</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>4,38</td> <td>2,06</td> </tr> <tr> <td>Vibrador</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>3,75</td> <td>1,76</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sub-total</td> <td>3,82</td> </tr> </tbody> </table>								DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL	Concretera	hora	0,47	4,38	2,06	Vibrador	hora	0,47	3,75	1,76	Sub-total				3,82																				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL																																											
Concretera	hora	0,47	4,38	2,06																																											
Vibrador	hora	0,47	3,75	1,76																																											
Sub-total				3,82																																											
MATERIALES																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento</td> <td>saco (50 kg)</td> <td>13,29</td> <td>7,52</td> <td>99,94</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>m³</td> <td>0,68</td> <td>20,00</td> <td>13,60</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>m³</td> <td>0,44</td> <td>18,00</td> <td>7,92</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>m³</td> <td>0,20</td> <td>1,00</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>Aditivo Plastificante</td> <td>kg</td> <td>6,64</td> <td>2,75</td> <td>18,26</td> </tr> <tr> <td>Fibras de polipropileno</td> <td>kg</td> <td>3</td> <td>6,00</td> <td>18,00</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sub-total</td> <td>157,92</td> </tr> </tbody> </table>								DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL	Cemento	saco (50 kg)	13,29	7,52	99,94	Agregado grueso	m ³	0,68	20,00	13,60	Agregado fino	m ³	0,44	18,00	7,92	Agua	m ³	0,20	1,00	0,20	Aditivo Plastificante	kg	6,64	2,75	18,26	Fibras de polipropileno	kg	3	6,00	18,00	Sub-total				157,92
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL																																											
Cemento	saco (50 kg)	13,29	7,52	99,94																																											
Agregado grueso	m ³	0,68	20,00	13,60																																											
Agregado fino	m ³	0,44	18,00	7,92																																											
Agua	m ³	0,20	1,00	0,20																																											
Aditivo Plastificante	kg	6,64	2,75	18,26																																											
Fibras de polipropileno	kg	3	6,00	18,00																																											
Sub-total				157,92																																											
MANO DE OBRA																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5 Albañiles</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>3,22</td> <td>7,57</td> </tr> <tr> <td>7 Oficiales</td> <td>hora</td> <td>0,47</td> <td>3,18</td> <td>10,46</td> </tr> <tr> <td>1 Maestro</td> <td>hora</td> <td>0,039</td> <td>3,57</td> <td>0,14</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Sub-total</td> <td>18,17</td> </tr> </tbody> </table>								DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL	5 Albañiles	hora	0,47	3,22	7,57	7 Oficiales	hora	0,47	3,18	10,46	1 Maestro	hora	0,039	3,57	0,14	Sub-total				18,17															
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL																																											
5 Albañiles	hora	0,47	3,22	7,57																																											
7 Oficiales	hora	0,47	3,18	10,46																																											
1 Maestro	hora	0,039	3,57	0,14																																											
Sub-total				18,17																																											
HERRAMIENTA MENOR 3%																																															
						5,40																																									
Costo directo						185,31																																									
Costo indirecto (35%)						64,86																																									
Total						250,17																																									

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En los análisis de precio unitario se consideró que el rendimiento de la concretera varía según sea la resistencia del hormigón por ejemplo para el APU de un metro cúbico de hormigón de 210 kg/cm² el rendimiento de la concretera es de 24m³ de hormigón en una jornada de 8 horas, por lo tanto se necesita 0,33 horas de concretera para fundir 1m³ de hormigón; el rendimiento del vibrador y del albañil es igual al rendimiento de la concretera ya que los equipos y el albañil trabajan al mismo ritmo.

Desglose de mano de obra:

Albañiles: 1 operador de concretera, 1 operador de vibrador, 2 recibidores de hormigón, 1 colocador de fibras de polipropileno.

Oficiales o peones: 2 para parihuela de arena, 2 para parihuela de piedra, 1 colocador de agua y cemento, 2 carretilleros.

Maestro: 1 maestro responsable de trabajos de albañiles y oficiales.

El sueldo unificado según la contraloría general del Estado 2015 establece que para un albañil es de \$368,48 lo que equivale a \$3,22 por hora, para un oficial es de \$363,74 lo que equivale \$3,18 por hora, para un maestro es de \$410,82 lo que equivale \$3,57 por hora incluyendo el décimo tercero, décimo cuarto, aporte patronal, fondos de reserva y considerando que el día de trabajo es de 8 horas y la semana laborable de 5 días.

Los precios de los materiales de construcción utilizados en los análisis de precio unitario son los que actualmente están en el mercado (Julio 2015)^[9].

El incremento en el análisis de precio del metro cúbico de hormigón con adición de 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno para el diseño de 210 Kg/cm² fue de 17,50%, para el diseño de 280 Kg/cm² fue de 14,37%, para el diseño de 325 Kg/cm² fue de 12,15%; el incremento promedio en los análisis de precio realizados fue de 14,67% lo que equivale a \$26,81, esto se debe a que la fibra de polipropileno no es utilizada como un sustituto de algún material componente del hormigón sino como una adición al mismo.

4.8 APLICACIÓN DEL USO DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LOSA DE PAVIMENTO RÍGIDO AASHTO 93.

Fórmula para el cálculo del espesor de losa de pavimento rígido.

$$\log W_{18} = Z_r S_o + 7,35 \log(D + 1) - 0,06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,5-1,5}\right)}{1 + \frac{1,625 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 Pt) \log \left[\frac{Sc Cd (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 J (D^{0,75} - \frac{18,42}{(\frac{E_c}{K})^{0,25}})} \right]$$

Los datos utilizados para el cálculo de espesor de losa D fueron:

W18= 4'000.000 ESALs para tráfico medio según MTOP 2002;

R= 95%; Z_r= 1,645; S_o= 0,34

p_o= 4,5; p_t= 2; ΔPSI= 2,5; J= 3,1

C_d= 1

K= 1991,56 psi/pulg

M_r= 16000 psi

E_{ab}= 600000 psi

D_{ab}= 10 pulg

Dónde:

W18= Número de cargas de 18 KIPS (80KN)

Z_r= Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de la distribución normalizada

S_o= desvío estándar de todas las variables

p_o= Serviciabilidad inicial

p_t= Serviciabilidad final

ΔPSI= Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

J= Coeficiente de transferencia de cargas

C_d= Coeficiente de drenaje

K= Módulo de reacción de la subrasante, en psi/pulg

D= Espesor de la losa del pavimento, en pulg

Sc'= Módulo de rotura del hormigón, en psi

E_c = Módulo de elasticidad del hormigón, en psi

M_r = Módulo de resistencia de la capa subrasante, en psi

E_{ab} = Módulo de elasticidad de la capa subrasante, en psi

D_{ab} = espesor de la sub-base, pulg

✓ **W18= Número de cargas de 18 KIPS (80KN)**

Tabla 4. 20 - Categoría de tráfico

Categorías de tráfico	Designación	Número acumulado de ejes equivalentes de 18kips en el carril y periodo de proyecto
N1	Pesado	$4 \cdot 10^6 - 10^7$
N2	Medio alto	$8 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^6$
N3	Medio bajo	$8 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^5$
N4	Ligero	$10^4 - 8 \cdot 10^4$

Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

✓ **Z_r= Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de la distribución normalizada**

Tabla 4. 21 - Relación nivel de confiabilidad y ZR

Nivel de Confiabilidad R (%)	ZR
50	0,000
60	0,253
70	0,524
75	0,674
80	0,841
85	1,037
90	1,282
91	1,340
92	1,405
93	1,476
94	1,555
95	1,645
96	1,751
97	1,881
98	2,054
99	2,327
99,9	3,090
99,99	3,750

Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

La confiabilidad R se ha tomado del 95% que indica que el diseño del pavimento tendrá menor grado de incertidumbre.

✓ **po= Serviciabilidad inicial**

La AASHTO establece que el índice deseable de serviciabilidad inicial (Po) para pavimentos sea de 4.5, para pavimentos nuevos.

✓ **pt= Serviciabilidad final**

Es la serviciabilidad que se espera que tenga el pavimento al final de su periodo de diseño, se ha tomado $pt= 2$.

$\Delta PSI=$ Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

Se determina mediante la diferencia entre po y pt.

Tabla 4. 22 – Índice de serviciabilidad final.

Índice de Serviciabilidad (<i>PSI</i>)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

✓ **So= desvío estándar de todas las variables**

El So para pavimento rígido es de 0.34 considerando que no habrá variación en el tránsito.

Tabla 4. 23 – Valores para la desviación estándar

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_0)	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

✓ **J= Coeficiente de transferencia de cargas**

Este factor indica que cargas de tránsito deben ser transmitidas de una manera eficiente de una losa a la siguiente para minimizar las deflexiones en las juntas. Las deflexiones excesivas producen bombeo de la sub-base y posteriormente rotura de la losa de concreto. Considerando que el pavimento rígido no contiene refuerzo y posee juntas se tomó $J=3.1$.

Tabla 4. 24 – Coeficiente de transmisión de cargas

Tipo de pavimento	hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Concreto asfáltico		Concreto hidráulico	
	si	no	si	no
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Reforzado continuo	2.9 – 3.2	-----	2.3 – 2.9	-----

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

✓ **Cd= Coeficiente de drenaje**

Es el proceso mediante el cual el agua de infiltración superficial o agua de filtración subterránea es removida de los suelos y rocas por medios naturales o artificiales. El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de pavimentos. Para el este ejemplo de diseño se tomó un valor de $Cd=1$ lo que corresponde a un drenaje bueno.

Tabla 4. 25 – Valores recomendados del coeficiente de drenaje Cd.

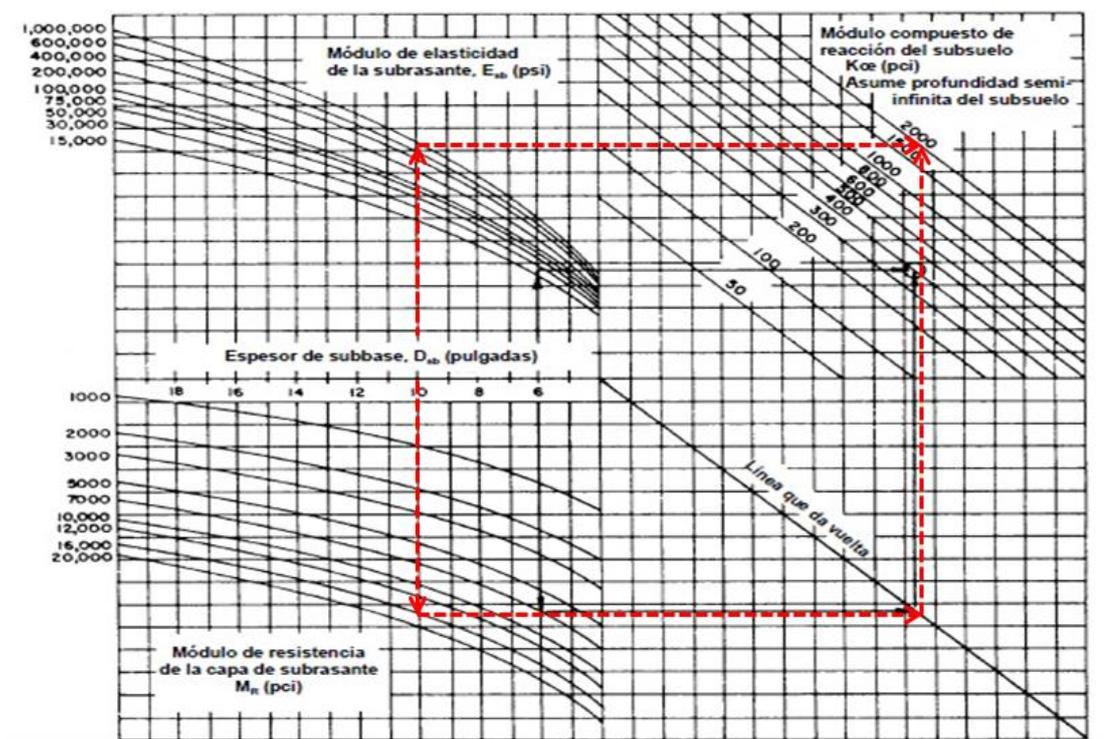
Cd	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Calificación					
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

✓ **K= Módulo de reacción de la subrasante, en psi/pulg**

Este factor nos da idea de cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión para este ejemplo de diseño se asumió un valor de 1991,56 psi/pulg lo que corresponde a un suelo granular.

Tabla 4. 26 – Módulo de reacción de la subrasante.



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

✓ **Sc'**= Módulo de rotura del hormigón y **Ec**= Módulo de elasticidad del hormigón

El Sc' y el Ec del hormigón se obtuvieron a partir de los ensayos realizados en la presente tesis.

En la tabla 4.27 se presentan los resultados del módulo de rotura (Sc') y el módulo de elasticidad (Ec) del hormigón hidráulico y del hormigón adicionado con fibras de polipropileno, valores obtenidos de los resultados de los ensayos realizados a probetas de resistencia $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 4. 27 – Resultado de ensayo de módulo de rotura y el módulo elasticidad del hormigón.

MEZCLA DE HORMIGÓN	MÓDULO DE ROTURA		MÓDULO DE ELASTICIDAD	
	Mpa	lb/ in ²	Mpa	lb/ in ²
F'c= 280 Kg/cm ²	4,54	658,468	23042,786	3342056,553
F'c= 280 Kg/cm ² + 3Kg/m ³ fibra de PP	5,83	845,566	29595,70	4292470,816

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

En la tabla 4.28 se presentan los resultados del espesor de losa calculados para hormigón hidráulico y para hormigón adicionado con 3Kg/m³ fibras de polipropileno de resistencia $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ con $W18= 4'000.000 \text{ ESALs}$ para tráfico medio según MTOP 2002.

Tabla 4. 28 – Espesores de losa calculados para mezclas: patrón y con adición de 3 Kg/m³ fibras de polipropileno - Diseño 280 Kg/cm²- Tráfico medio.

MEZCLA DE HORMIGÓN	ESPESOR DE LA LOSA CALCULADO		VOLUMEN DE HORMIGÓN (m ³)	COSTO DE HORMIGÓN POR m ³	COSTO DE LOSA
	in	m			
$F'c= 280 \text{ Kg/cm}^2$	7,01	0,178	0,178	\$ 186,49	\$ 33,21
$F'c= 280 \text{ Kg/cm}^2 + 3\text{Kg/m}^3 \text{ fibra de PP}$	5,66	0,144	0,144	\$ 213,30	\$ 30,66

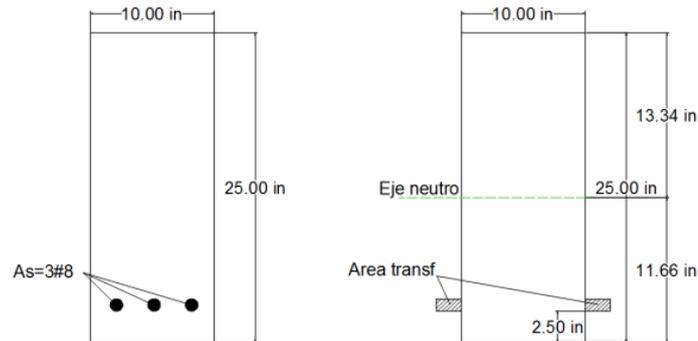
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Para tráfico medio el espesor de la losa disminuye en 0,034 m al adicionarle a la mezcla de hormigón 3 Kg/m³ fibras de polipropileno.

Con los valores calculados se puede observar que con respecto al costo de una losa de pavimento de hormigón hidráulico de resistencia de diseño 280 Kg/cm² disminuye \$2,55 para condiciones de tráfico medio si al hormigón se le adiciona fibras de polipropileno.

4.9 APLICACIÓN DEL USO DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN DISEÑO DE VIGAS - ACI 318.

Hormigón de resistencia 210 kg/cm²



DATOS:

b = 10 in

h = 25 in

d = 23 in

As = 2,35 in² 3#8

f'c = 210 kg/cm² = 2988,342 lb/in²

fy = 60000 lb/in²

Es = 29000000 lb/in²

MR = fct = 488,774 lb/in² (obtenido de ensayos)

Ec = 2559576,286 lb/in² (obtenido de ensayos)

Procedimiento

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{29000000}{2559576,286} = 11,33$$

$$\text{Área transf} = (n - 1)A_s = (11,33 - 1)2,35 = 24,275 \text{ in}^2$$

Se halló el centroide $\bar{y} = 13,34$ in y el momento de inercia $MI = 15001,90 \text{ in}^4$

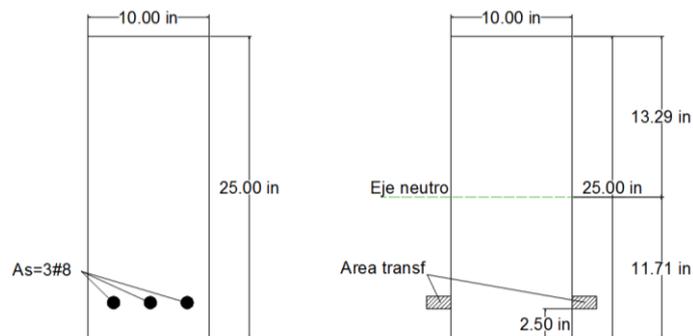
Luego se calculó el momento flector sin agrietamiento y resultó:

$$f_{ct} = \frac{M\bar{y}}{MI}$$

$$M = f_{ct} * \frac{MI}{\bar{y}} = 488,774 * \frac{15001,90}{11,66} = 629402,461 \text{ lb.in}$$

La viga soportará un momento flector de **629402,461 lb.in** sin producir grietas.

Hormigón de resistencia $210 \text{ kg/cm}^2 + 3 \text{ Kg/m}^3$



DATOS:

$$b = 10 \text{ in}$$

$$h = 25 \text{ in}$$

$$d = 23 \text{ in}$$

$$A_s = 2,35 \text{ in}^2$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2988,342 \text{ lb/in}^2$$

$$f_y = 60000 \text{ lb/in}^2$$

$$E_s = 29000000 \text{ lb/in}^2$$

$$M_R = f_{ct} = 663,811 \text{ lb/in}^2 \text{ (obtenido de ensayos)}$$

$$E_c = 2690017,547 \text{ lb/in}^2 \text{ (obtenido de ensayos)}$$

Procedimiento

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{29000000}{2690017,547} = 10,78$$

$$\text{Área transf} = (n - 1)As = (10,78 - 1)2,35 = 22,980 \text{ in}^2$$

Se halló el centroide y el valor de $\bar{y}=11,71$ in medido desde el eje neutro hacia abajo y el momento de inercia $MI=14922,121 \text{ in}^4$

Luego se calculó el momento flector sin agrietamiento y resultó:

$$fct = \frac{M\bar{y}}{MI}$$

$$M = fct * \frac{MI}{\bar{y}} = 633,811 * \frac{14922,121}{11,71} = 807669,037 \text{ lb.in}$$

La viga soportará un momento flector de **807669,037** lb.in sin producir grietas.

Con los cálculos desarrollados podemos observar que existe un incremento de 178266,576 lb.in del momento flector, esto quiere decir que la viga con adición de fibras puede soportar un mayor momento flector sin producirse agrietamiento.

CONCLUSIONES

- ✓ De acuerdo a los ensayos realizados para la evaluación de la calidad de los agregados se concluye que los agregados utilizados son óptimos para la fabricación del hormigón debido a que cumplen con los parámetros indicados según la norma NTE INEN 0872.
- ✓ En los ensayos de vigas de hormigón simple cuando inicia la fisuración la rotura es brusca lo que no sucede cuando la viga posee adición de fibras de polipropileno.
- ✓ La cantidad óptima de fibra de polipropileno a utilizarse es de 3Kg/m^3 de hormigón ya que los resultados obtenidos del hormigón de diseño 280 Kg/cm^2 fueron mayores en comparación a las resistencias de las muestras con dosificación de 6Kg/m^3 de fibras. Con la adición de 3Kg/m^3 de fibras se mejoró el comportamiento a flexión del hormigón hidráulico en un $4,81\%$, y hubo un $34,89\%$ de incremento en la resistencia a la compresión al día 28.
- ✓ Con los muestreos de resistencia 210 y 325 Kg/cm^2 realizados se observó incrementos de resistencias similares a los resultados obtenidos mediante ensayos de hormigón para resistencia de 280 Kg/cm^2 .
- ✓ El hormigón hidráulico adicionado con 3 Kg/m^3 de fibras de polipropileno a los tres días de edad adquiere aproximadamente el 100% de la resistencia de diseño. Este tipo de hormigón puede ser empleado en la construcción de obras civiles en donde resulte urgente que el hormigón alcance a edades tempranas la mayor parte de su resistencia de diseño.
- ✓ El hormigón de 280 Kg/cm^2 con adición de 3 Kg/m^3 de fibras de polipropileno puede ser aplicado en losas de pavimento rígido ya que disminuye el espesor de la losa aproximadamente en $3,4\text{cm}$ según las condiciones tomadas en la sección 4.8.

- ✓ El costo del metro cúbico de hormigón hidráulico de resistencia de diseño de 280 Kg/cm² es de \$186,49 y del hormigón con adición de 3 Kg/m³ de fibras de polipropileno es de \$213,30 por lo que se concluye que el costo con adición de fibras de polipropileno aumenta en \$ 26,81,este incremento se debe al costo de las fibras añadidas y al aumento de la mano de obra

RECOMENDACIONES

- ✓ Que el tiempo de mezclado del hormigón con fibras sea mínimo de 5 minutos y que el hormigón sea preparado en una concretera de manera que las fibras se dispersen en la mezcla de hormigón y así evitar la aglomeración de las mismas en ciertas partes de la mezcla.
- ✓ Que el uso de hormigón con adición de fibras onduladas de polipropileno sea aplicado en donde se pronostique una variación de las cargas de servicio, teniendo en consideración que dicha variación puede ser suplida con el incremento de resistencias que alcanza el hormigón con fibras de polipropileno.
- ✓ Que en el uso de este tipo de hormigón se incorpore un aditivo plastificante para no afectar la trabajabilidad del hormigón y obtener mejores resultados en las propiedades de resistencias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sánchez de Guzmán, D. (2011). Tecnología del Concreto y del Mortero. En D. Sánchez de Guzmán, *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá: Bhandar Editores. (Consulta)
- [2] Padilla Rodríguez, Alejandro. (s. f.). Capítulo 2. *Materiales básicos*. (Consulta)
- [3] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011) *Agregados para hormigón. Requisitos*. NTE INEN 0872. Quito
- [4] Manual de calizas Huayco (s. f.) *Productos, criterios y recomendaciones técnicas*. Guayaquil
- [5] CIPEQ. CIA.LTDA. (s. f.). *Especificaciones técnicas fibras de polipropileno*. Guayaquil
- [6] Martínez Molina, W, Rubio Avalos, J. C., Chávez García, H. L., Velasco Avalos, F.A., Pastor Gómez, N., Lara Gómez, Clara. (2009) *Concreto hidráulico reforzado con fibras de polipropileno conservando constante la relación A/C de diseño*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
- [7] ASTM. (s.f.) .ASTM C 470. *Elaboración de Probetas de Hormigón*.
- [8] National Ready Mixed Concrete Association (s. f.) *El concreto en la práctica CIP 16 resistencia a flexión del concreto* obtenido de <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>(Consulta)
- [9] Contraloría General del Estado. (2015). *Reajuste de precios salarios mínimos por la ley*. Ecuador. (Consulta)

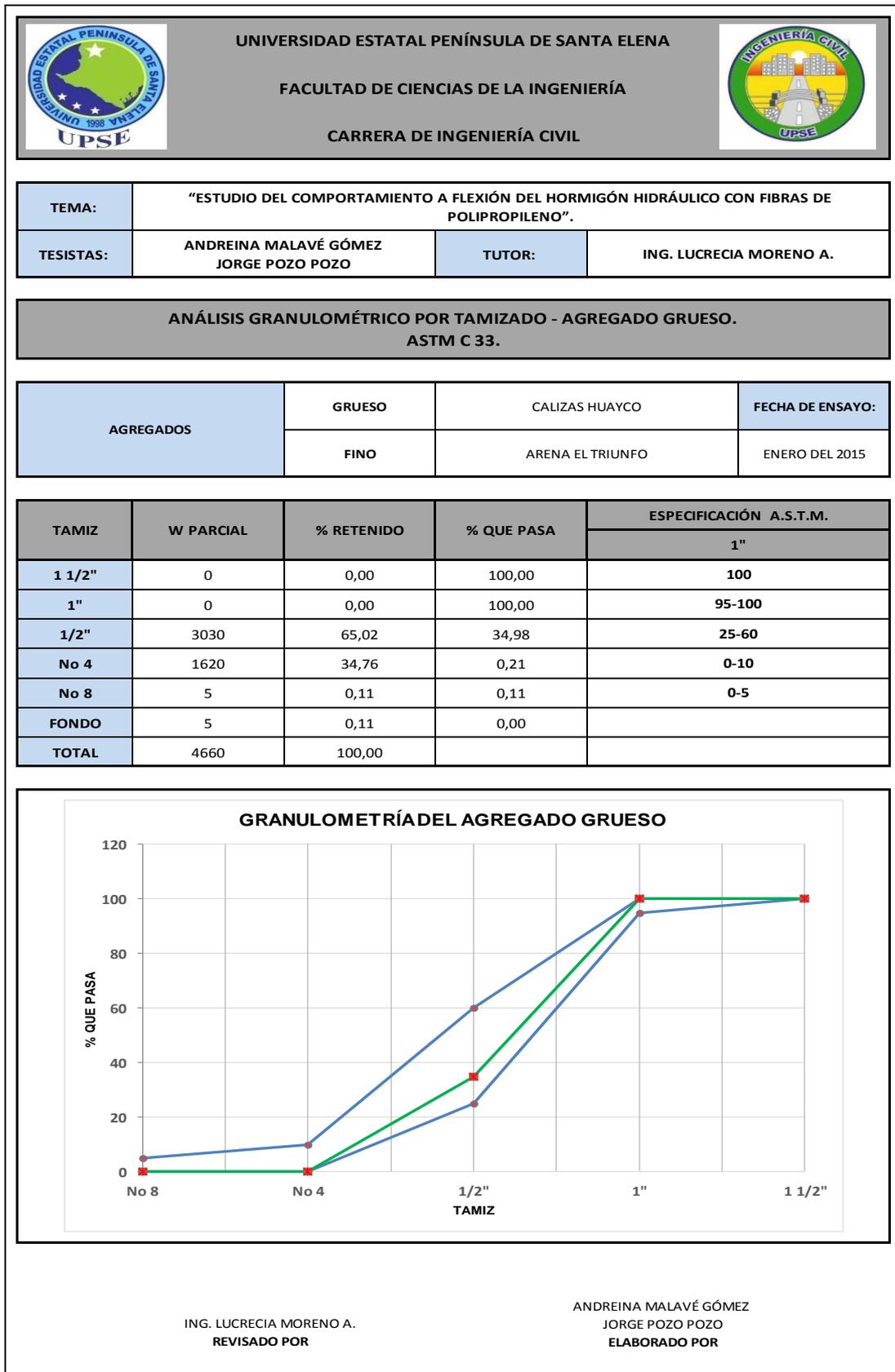
ANEXOS

ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

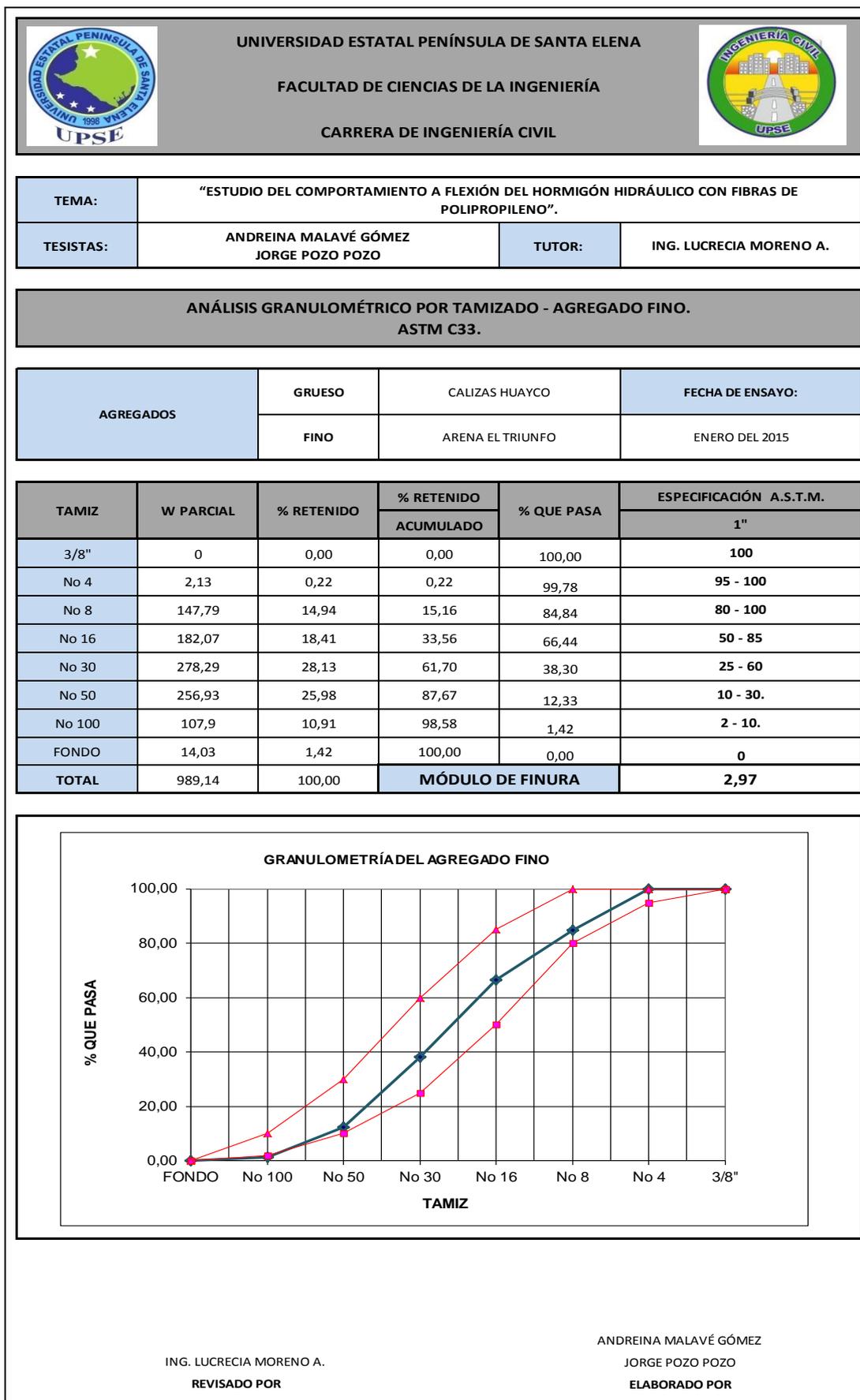
Anexo1 – Determinación del porcentaje de absorción de los agregados.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO.
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS. ASTM C 70			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
AGREGADO GRUESO (w%)			
P. DE MUESTRA CON HUMEDAD NATURAL : Wh	450		gr
P. DE MUESTRA SECA : Ws	445		gr
% DE ABSORCIÓN : $w\% = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100$	1,12		%
AGREGADO FINO (w%)			
P. DE MUESTRA CON HUMEDAD NATURAL : Wh	349		gr
P. DE MUESTRA SECA : Ws	341		gr
% DE ABSORCIÓN : $w\% = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100$	2,35		%
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR		

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.



Anexo3 – Análisis granulométrico del agregado fino.



Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO.	
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SUELTO DE LOS AGREGADOS. ASTM C 138			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
AGREGADO GRUESO (P.V.S.)			
VOLUMEN RECIPIENTE	0,0128	m ³	
PESO RECIPIENTE	7425	gr	
PESO DE MATERIAL + RECIPIENTE	24825	gr	
PESO DE MATERIAL	17400	gr	
$P.V.S. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$	1359	Kg/ m ³	
AGREGADO FINO (P.V.S.)			
VOLUMEN RECIPIENTE	0,002707	m ³	
PESO RECIPIENTE	1750	gr	
PESO DE MATERIAL + RECIPIENTE	5745,00	gr	
PESO DE MATERIAL	3995,00	gr	
$P.V.S. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$	1476	Kg/ m ³	
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR		

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO.
DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO DEL AGREGADO. NTE INEN 0858			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO DE LA PIEDRA (P.V.V.)			
VOLUMEN RECIPIENTE	0,0128	m ³	
PESO RECIPIENTE	7425	gr	
PESO DE MATERIAL + RECIPIENTE	26010	gr	
PESO DE MATERIAL	18585	gr	
P.V.V. = $\frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$	1452	Kg/ m ³	
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR		

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO.	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SUPERFICIALMENTE SECA DE LOS AGREGADOS. ASTM C 70-94			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
AGREGADO GRUESO (D.S.S.S) PRINCIPIO DE ARQUÍMIDES			
P.S.S.S.	2000	gr	
P. DE MATERIAL SUMERGIDO	1265	gr	
<i>P. desalojado = P. S. S. S. – P. material sumergido</i>	735	gr	
VOLUMEN DESALOJADO	735	cm ³	
$D. S. S. S. = \frac{P. S. S. S.}{Volumen\ desalojado}$	3	gr/ cm ³	
$D. S. S. S. = \frac{P. S. S. S.}{Volumen\ desalojado}$	2721	Kg/ m ³	
AGREGADO FINO (D.S.S.S) COPA DE CHAPMAN			
P.S.S.S.	500	gr	
LECTURA INICIAL	200	ml	
LECTURA FINAL	406	ml	
LECT. INICIAL - LECT. FINAL	206	cm ³	
$D. S. S. S. = \frac{P. S. S. S.}{Lect. inicial - Lect. final}$	2,427	gr/ cm ³	
$D. S. S. S. = \frac{P. S. S. S.}{Lect. inicial - Lect. final}$	2427	Kg/ m ³	
Sustancia para inmersión:	Agua		
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR		

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.				
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.		
RESISTENCIA AL DESGASTE ASTM C 131					
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:		
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015		
TAMAÑO DEL TAMIZ, mm (pulg) (ABERTURA CUADRADA)	MASA DE LOS TAMAÑOS INDICADOS, gr.				
	GRADUACIONES				
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37,5 (1 1/2)	25,0(1)	1250 ± 25	-		
25,0(1)	19,0 (3/4)	1250 ± 25	-		
19,0 (3/4)	12,5 (1/2)	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5 (1/2)	9,5 (3/8)	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5 (3/8)	6,3 (1/4)			2500 ± 10	
6,3 (1/4)	4,75 (No.4)			2500 ± 10	
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)				5000 ± 10
	TOTAL:	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
GRADUACIÓN	NÚMERO DE ESFERAS	MASA DE LA CARGA, gr			
A	12	5000 ± 25			
B	11	4584 ± 25			
C	8	3330 ± 20			
D	6	2500 ± 15			
	UNIDADES	FÓRMULA : % DE DESGASTE		DONDE	
PI	5000	gr	$\% \text{ DE DESGASTE } = \frac{(PI - PF)}{PI} * 100$		PI: MASA INICIAL
PF	3955	gr			PF: MASA RETENIDA EN EL TAMIZ # 12 DESPUÉS DEL ENSAYO
% DE DESGASTE	20,900	%			
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR			

Anexo8 – Determinación del porcentaje del material del tamiz que pasa el tamiz No. 200 mediante lavado en los agregados.

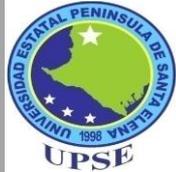
	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO.	
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA POR EL TAMIZ No. 200 MEDIANTE LAVADO EN LOS AGREGADOS. NTE INEN 697			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
AGREGADO GRUESO			
MASA ORIGINAL SECA DE LA MUESTRA : B	2500,00	gr	
MASA SECA DE MUESTRA DE LAVADO : C	2479	gr	
PORCENTAJE MÁS FINO QUE EL TAMIZ No. 200 POR LAVADO $A = \frac{(B - C)}{B} * 100$	0,84	%	
AGREGADO FINO			
MASA ORIGINAL SECA DE LA MUESTRA : B	300,00	gr	
MASA SECA DE MUESTRA DE LAVADO : C	293,45	gr	
PORCENTAJE MÁS FINO QUE EL TAMIZ No. 200 POR LAVADO $A = \frac{(B - C)}{B} * 100$	2,18	%	
Sustancia para inmersión:	Agua		
REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR		
ING. LUCRECIA MORENO A.			

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO.	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TERRONES DE ARCILLAS Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS. NTE INEN 698			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
AGREGADO GRUESO			
FRACCIÓN DE 4,75 mm - 9,5 mm (No. 4 - 3/8")			
MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA PARA ENSAYO : M	1000	gr	
MASA DE PARTÍCULAS RETENIDAS EN EL TAMIZ ESTIPULADO : R	953,64	gr	
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLAS Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES $P1 = \frac{(M - R)}{M} * 100$	4,64	%	
FRACCIÓN DE 9,5 mm - 19,0 mm (3/8" - 3/4")			
MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA PARA ENSAYO : M	2000	gr	
MASA DE PARTÍCULAS RETENIDAS EN EL TAMIZ ESTIPULADO : R	1978,43	gr	
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLAS Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES $P2 = \frac{(M - R)}{M} * 100$	1,08	%	
FRACCIÓN DE 4,75 mm - 9,5 mm (3/4" - 1 1/2")			
MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA PARA ENSAYO : M	3000	gr	
MASA DE PARTÍCULAS RETENIDAS EN EL TAMIZ ESTIPULADO : R	2979,92	gr	
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLAS Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES $P3 = \frac{(M - R)}{M} * 100$	0,67	%	
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLAS Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN EL AGREGADO GRUESO : P	2,13	%	
AGREGADO FINO			
MASA DE PARTÍCULAS MAS GRUESAS QUE EL TAMIZ No. 16 PROVENIENTE DEL ENSAYO DE MATERIAL MAS FINO : M	40,90	gr	
MASA DE PARTÍCULAS RETENIDAS EN EL TAMIZ ESTIPULADO : R	40,65	gr	
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLAS Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES $P = \frac{(M - R)}{M} * 100$	0,61	%	
Sustancia para inmersión:		Agua destilada	
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR	

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO.
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN DESPUÉS DE UNA HORA DE SEDIMENTACIÓN DE LOS AGREGADOS. NTE INEN 864			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN EN EL AGREGADO FINO			
VOLUMEN DE LA CAPA DEL MATERIAL DE PARTÍCULAS FINAS : H		10	cm ³
MASA DE LA MUESTRA DE ENSAYO : A		500	gr
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FINAS $P = \frac{H * 0,6}{A} * 100$		1,20	%
Sustancia para inmersión:		Agua	
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR	

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.			
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO A.		
DETERMINACIÓN DE LA SOLIDEZ DEL AGREGADO CON SULFATO DE MAGNESIO. NTE INEN 863				
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:	
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015	
AGREGADO GRUESO				
TAMIZ	GRADACIÓN DE LA MUESTRA ORIGINAL (%)	MASA INICIAL (gr)	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ DESPUÉS DEL ENSAYO	PORCENTAJE PONDERADO DE PÉRDIDA (%)
1" - 3/4"	27,78	500,00	1,32	0,37
3/4" - 1/2"	37,22	670,00	2,52	0,94
1/2" - 3/8"	18,33	330,00	2,65	0,49
3/8" - N°4	16,67	300,00	19,33	3,22
TOTAL	100	1800,00		5,01
Sustancia para inmersión:		Sulfato de magnesio + agua		
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR		

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO.	
DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN LOS AGREGADOS. NTE INEN 699			
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015
AGREGADO GRUESO			
MASA SECA DE LAS PARTÍCULAS QUE FLOTAN : A		0,00	gr
MASA SECA DE LA MUESTRA : C		3000	gr
PARTÍCULAS LIVIANAS : $P = \frac{A}{C} * 100$		0,00	%
AGREGADO FINO			
MASA SECA DE LAS PARTÍCULAS QUE FLOTAN : A		0,05	gr
MASA SECA DE LA MUESTRA : B		200	gr
PARTÍCULAS LIVIANAS : $P = \frac{A}{B} * 100$		0,03	%
Sustancia para inmersión:		Cloruro de zinc + agua	
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR	

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".						
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO.				
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO DEL AGREGADO ASTM D 4791-99/ COGUANOR NTG 41,010 H 12							
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ENSAYO:				
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ENERO DEL 2015				
AGREGADO GRUESO							
PASANTE a RETENIDO	% RETENIDO EN LA GRANULOMETRÍA	No. DE PIEDRAS	MASA INICIAL (gr)	MASA RETENIDA PARA EL ÍNDICE DE ALARGAMIENTO		MASA PASANTE PARA EL ÍNDICE DE APLANAMIENTO	
1" a 3/4"	6,87	100	1477,8	276,6	gr	224,1	gr
3/4" a 1/2"	58,15	200	1154,3	295,2	gr	251,2	gr
1/2" a 3/8"	32,19	200	463,2	212,5	gr	175,7	gr
TOTAL	97,21						
PASANTE a RETENIDO	Índice de Alargamiento <i>masa para el índice de alargamiento</i> * 100 <i>masa inicial</i>		Índice de Aplanamiento <i>masa para el índice de aplanamiento</i> * 100 <i>masa inicial</i>				
1" a 3/4"	18,72 %		15,16 %				
3/4" a 1/2"	25,57 %		21,76 %				
1/2" a 3/8"	45,88 %		37,93 %				
PROMEDIO PONDERADO	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO		ÍNDICE DE APLANAMIENTO				
	31,81 %		26,65 %				
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR					

Anexo14 – Determinación del contenido de fibras.

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
CONTENIDO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO. UNE 83512-2											
TEMA: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".											
TESTISTAS: ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO A.										
AGREGADOS	GRUESO : CALIZAS HUAYCO FINO : ARENA EL TRIUNFO	MÉTODO DE LAVADO	FECHA DE ENSAYO: ENERO DEL 2015								
No.	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	MUESTRA	V VOLUMEN CILINDRO (cm ³)	RECIPIENTE		Wf PESO SECO DE FIBRAS (gr)	Vf CONTENIDO DE FIBRAS (%)	A DIFERENCIA DE Vf (%)	B MEDIA DE Vf (%)	C 5% DE LA MEDIA DE Vf (%)	A ≤ C
				PESO DE RECIPIENTE (gr)	PESO SECO DE FIBRAS DE PP+ RECIPIENTE (gr)						
1	210	CON 3 Kg/m ³ DE FIBRAS DE PP	5300	116,42	131,42	15,00	0,311	0,015	0,304	0,015	OK
2				120,16	134,46	14,30	0,296				
3		CON 6 Kg/m ³ DE FIBRAS DE PP		112,32	127,41	15,09	0,313				
4				114,20	128,75	14,55	0,302				
5	280	CON 3 Kg/m ³ DE FIBRAS DE PP	5300	116,42	132,60	16,18	0,335	0,009	0,331	0,017	OK
6				120,16	135,89	15,73	0,326				
7		CON 6 Kg/m ³ DE FIBRAS DE PP		112,32	127,70	15,38	0,319				
8				114,20	129,33	15,13	0,314				
9	325	CON 3 Kg/m ³ DE FIBRAS DE PP	5300	116,42	131,55	15,13	0,31	0,009	0,309	0,015	OK
10				120,16	134,87	14,71	0,30				
11		CON 6 Kg/m ³ DE FIBRAS DE PP		112,32	128,29	15,97	0,33				
12				114,20	130,11	15,91	0,33				

FÓRMULA:

$$V_f = \frac{W_f}{0,91 V} * 100$$

V = VOLUMEN DEL CILINDRO (cm³).
Wf = PESO DE LA FIBRAS EN LA MUESTRA (gr).
Vf = CONTENIDO DE FIBRAS EN PORCENTAJE, EN VOLUMEN

ING. LUCRECIA MORENO A.
 REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
 JORGE POZO POZO
 ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

DISEÑOS DE HORMIGÓN

Anexo15 – Diseño de hormigón de resistencia 210 Kg/cm².

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ y JORGE POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.
AGREGADOS	GRUESO FINO	CALIZAS HUAYCO ARENA EL TRIUNFO	FECHA DE ELABORACIÓN: DICIEMBRE DEL 2014.
DISEÑO DE HORMIGÓN			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO DE ESTRUCTURA pavimentos y losas		TIPO DE CEMENTO TIPO IP (uso general)	RESISTENCIA DE DISEÑO 210
			RESISTENCIA REQUERIDA 280
REVENIMIENTO cm		CONSISTENCIA	TRABAJABILIDAD
MAX	MIN	RECOMENDADO	DESEADO
7,5	2,5	5	10
		plástica	Trabajable
			vibración normal
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.			
AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO	
TAMAÑO MAX	1"		
D.S.S.S.	2721 Kg/m ³	D.S.S.S.	2427 Kg/m ³
P.V.S.	1359 Kg/m ³	P.V.S.	1476 Kg/m ³
P.V.V.	1452 Kg/m ³	M.F.	2,97
% DE ABSORCIÓN	1,12	% DE ABSORCIÓN	2,35
		δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
		δ AGUA	1000 Kg/m ³
		δ ARENA	2427 Kg/m ³
		δ PIEDRA	2721 Kg/m ³
INCORPORADOR DE AIRE	VOL. AGUA TABULADO	VOL. AGUA CORREGIDO	AIRE OCLUIDO %
Sin aire incorporado	192,6	199,28	1,5
CÁLCULO DE CANTIDADES DE MATERIAL			
CANTIDAD DE CEMENTO			
A/C	VOL. AGUA CORREGIDO	CEMENTO POR m³	UN CILINDRO + 20% DESPERDICIO
0,511	199,283	389,99	1,20
AGREGADOS POR M3 DE HORMIGÓN			
MATERIAL	VOLUMEN	PESO	SACO CEMENTO 50KG
CEMENTO	0,132 m ³	389,99 kg	1,00 sacos
PIEDRA	0,356 m ³	968,29 kg	124,14 kg
AGUA	0,199 m ³	199,28 kg	25,55 Ltrs
AIRE	0,015 m ³		
ARENA	0,298 m ³	722,51 kg	92,63 kg
			4,60 kg
CORRECCIÓN DEL ACI			
	PIEDRA	ARENA	TOTAL
VOLUMEN CALCULADO	0,356 m ³	0,298 m ³	0,654 m ³
VOLUMEN CORREGIDO	0,392 m ³	0,261 m ³	0,654 m ³
PESO EN Kg/ M3 DE HORMIGÓN			
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,13 m ³ = 389,99 kg
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,20 m ³ = 199,28 Ltrs
ARENA	2427 Kg/m ³	*	0,26 m ³ = 634,48 kg
PIEDRA	2721 Kg/m ³	*	0,39 m ³ = 1066,97 kg
TOTAL			0,985 = 2290,72
PESO EN Kg POR EL TOTAL DE CILINDROS			
VOLUMEN DEL CILINDRO	0,00530	m³	No. CILINDROS
CEMENTO	389,99 kg	*	0,064 m ³ = 27,32 kg
AGUA	199,28 kg	*	0,064 m ³ = 13,96 Ltrs
ARENA	634,48 kg	*	0,064 m ³ = 44,44 kg
PIEDRA	1067,0 kg	*	0,064 m ³ = 74,74 kg
			TOTAL 160,46
PESO EN Kg POR EL TOTAL DE VIGAS			
VOLUMEN DE LA VIGA	0,01125	m³	No. VIGAS
CEMENTO	389,99 kg	*	0,079 m ³ = 33,78 kg
AGUA	199,28 kg	*	0,079 m ³ = 17,26 Ltrs
ARENA	634,48 kg	*	0,079 m ³ = 54,96 kg
PIEDRA	1067,0 kg	*	0,079 m ³ = 92,43 kg
			TOTAL 198,43
PESO EN Kg TOTAL			
CEMENTO	61,10 kg	=	1,222 sacos
AGUA	31,22 kg		
ARENA	99,41 kg		
PIEDRA	167,17 kg		
TOTAL	358,89 kg		
CANTIDAD DE FIBRAS PARA CADA DISEÑO			
DOSIFICACIÓN 1	0,00 Kg/m ³	CANTIDAD 1	0,0000 Kg
DOSIFICACIÓN 2	3,00 Kg/m ³	CANTIDAD 2	0,4273 Kg
DOSIFICACIÓN 3	6,00 Kg/m ³	CANTIDAD 3	0,8546 Kg
		TOTAL DE FIBRAS POR DISEÑO	1,2819 Kg

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ y JORGE POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ELABORACIÓN: DICIEMBRE DEL 2014,
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	
DISEÑO DE HORMIGÓN			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO DE ESTRUCTURA		TIPO DE CEMENTO	RESISTENCIA DE DISEÑO
pavimentos y losas		TIPO IP (uso general)	280
REVENIMIENTO cm		CONSISTENCIA	RESISTENCIA REQUERIDA
MAX	MIN	RECOMENDADO	DESEADO
7,5	2,5	5	10
		plástica	Trabajable
			vibración normal
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.			
AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO	
TAMAÑO MAX	1"	PESO ESPECÍFICO	
D.S.S.S.	2721 Kg/m³	D.S.S.S.	2427 Kg/m³
P.V.S.	1359 Kg/m³	P.V.S.	1476 Kg/m³
P.V.V.	1452 Kg/m³	M.F.	2,97
% DE ABSORCIÓN	1,12	% DE ABSORCIÓN	2,35
		δ CEMENTO	2950 Kg/m³
		δ AGUA	1000 Kg/m³
		δ ARENA	2427 Kg/m³
		δ PIEDRA	2721 Kg/m³
INCORPORADOR DE AIRE	VOL. AGUA TABULADO	VOL. AGUA CORREGIDO	AIRE OCUIDO %
Sin aire incorporado	192,6	199,28	1,5
CÁLCULO DE CANTIDADES DE MATERIAL			
CANTIDAD DE CEMENTO			
A/C	VOL. AGUA CORREGIDO	CEMENTO POR m³	UN CILINDRO + 20% DESPERDICIO
0,381	199,283	523,05	1,20
AGREGADOS POR M3 DE HORMIGÓN			
MATERIAL	VOLUMEN	PESO	SACO CEMENTO 50KG
CEMENTO	0,177 m³	523,05 kg	1,00 sacos
PIEDRA	0,356 m³	968,29 kg	92,56 kg
AGUA	0,199 m³	199,28 kg	19,05 Ltrs
AIRE	0,015 m³		
ARENA	0,253 m³	613,02 kg	58,60 kg
CORRECCIÓN DEL ACI			
		PIEDRA	ARENA
VOLUMEN CALCULADO		0,356 m³	0,253 m³
VOLUMEN CORREGIDO		0,365 m³	0,243 m³
PESO EN Kg/ M3 DE HORMIGÓN			
CEMENTO	2950 Kg/m³	*	0,18 m³ = 523,05 kg
AGUA	1000 Kg/m³	*	0,20 m³ = 199,28 Ltrs
ARENA	2427 Kg/m³	*	0,24 m³ = 590,69 kg
PIEDRA	2721 Kg/m³	*	0,37 m³ = 993,33 kg
TOTAL			0,985 m³ = 2306,35 kg
PESO EN Kg POR EL TOTAL DE CILINDROS			
VOLUMEN DEL CILINDRO	0,00530	m³	No. CILINDROS
CEMENTO	523,05 kg	*	0,064 m³ = 36,64 kg
AGUA	199,28 kg	*	0,064 m³ = 13,96 Ltrs
ARENA	590,69 kg	*	0,064 m³ = 41,38 kg
PIEDRA	993,3 kg	*	0,064 m³ = 69,58 kg
TOTAL			161,56
PESO EN Kg POR EL TOTAL DE VIGAS			
VOLUMEN DE LA VIGA	0,01125	m³	No. VIGAS
CEMENTO	523,05 kg	*	0,079 m³ = 45,31 kg
AGUA	199,28 kg	*	0,079 m³ = 17,26 Ltrs
ARENA	590,69 kg	*	0,079 m³ = 51,17 kg
PIEDRA	993,3 kg	*	0,079 m³ = 86,05 kg
TOTAL			199,79
PESO EN Kg TOTAL			
CEMENTO	81,95 kg	=	1,639 sacos
AGUA	31,22 kg		
ARENA	92,55 kg		
PIEDRA	155,63 kg		
TOTAL	361,34 kg		
CANTIDAD DE FIBRAS PARA CADA DISEÑO			
DOSIFICACIÓN 1	0,00 Kg/m³	CANTIDAD 1	0,0000 Kg
DOSIFICACIÓN 2	3,00 Kg/m³	CANTIDAD 2	0,4273 Kg
DOSIFICACIÓN 3	6,00 Kg/m³	CANTIDAD 3	0,8546 Kg
		TOTAL DE FIBRAS POR DISEÑO	1,2819 Kg

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

TEMA:		"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".				
TESISTAS:		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ y JORGE POZO	TUTOR:		ING. LUCRECIA MORENO A.	
AGREGADOS		GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FECHA DE ELABORACIÓN:		
		FINO	ARENA EL TRIUNFO	DICIEMBRE DEL 2014,		
DISEÑO DE HORMIGÓN						
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
TIPO DE ESTRUCTURA		TIPO DE CEMENTO		RESISTENCIA DE DISEÑO	RESISTENCIA REQUERIDA	
pavimentos y losas		TIPO IP (uso general)		325	410	
REVENIMIENTO cm		CONSISTENCIA		TRABAJABILIDAD	COMPACTACIÓN	
MAX	MIN	RECOMENDADO	DESEADO	plástica	Trabajable	
7,5	2,5	5	10		vibración normal	
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.						
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		PESO ESPECÍFICO	
TAMAÑO MAX	1 "		D.S.S.S.	2427 Kg/m³	δ CEMENTO	2950 Kg/m³
D.S.S.S.	2721	Kg/m³	P.V.S.	1476 Kg/m³	δ AGUA	1000 Kg/m³
P.V.S.	1359	Kg/m³	M.F.	2,97	δ ARENA	2427 Kg/m³
P.V.V.	1452	Kg/m³	% DE ABSORCIÓN	2,35	δ PIEDRA	2721 Kg/m³
% DE ABSORCIÓN	1,12					
INCORPORADOR DE AIRE	VOL. AGUA TABULADO	VOL. AGUA CORREGIDO		AIRE OCLUIDO %		
Sin aire incorporado	192,6	199,28		1,5		
CÁLCULO DE CANTIDADES DE MATERIAL						
CANTIDAD DE CEMENTO						
A/C	VOL. AGUA CORREGIDO	CEMENTO POR m³		UN CILINDRO + 20% DESPERDICIO		
0,300	199,283	664,28		1,20		
AGREGADOS POR M3 DE HORMIGÓN						
MATERIAL	VOLUMEN	PESO		SACO CEMENTO 50KG	POR 1 CILINDRO	
CEMENTO	0,225 m³	664,28	kg	1,00 sacos	4,23	kg
PIEDRA	0,356 m³	968,29	kg	72,88	6,16	kg
AGUA	0,199 m³	199,28	kg	15,00	1,27	ltrs
AIRE	0,015 m³					
ARENA	0,205 m³	496,83	kg	37,40	3,16	kg
CORRECCIÓN DEL ACI						
		PIEDRA	ARENA	TOTAL		
VOLUMEN CALCULADO		0,356 m³	0,205 m³	0,561 m³		
VOLUMEN CORREGIDO		0,336 m³	0,224 m³	0,561 m³		
PESO EN Kg/ M3 DE HORMIGÓN						
CEMENTO	2950 Kg/m³	*	0,23 m³	=	664,28	kg
AGUA	1000 Kg/m³	*	0,20 m³	=	199,28	ltrs
ARENA	2427 Kg/m³	*	0,22 m³	=	544,21	kg
PIEDRA	2721 Kg/m³	*	0,34 m³	=	915,17	kg
TOTAL			0,985		2322,94	
PESO EN Kg POR EL TOTAL DE CILINDROS						
VOLUMEN DEL CILINDRO		0,00530	m³	No. CILINDROS		12
CEMENTO	664,28 kg	*	0,064 m³	=	46,53	kg
AGUA	199,28 kg	*	0,064 m³	=	13,96	ltrs
ARENA	544,21 kg	*	0,064 m³	=	38,12	kg
PIEDRA	915,2 kg	*	0,064 m³	=	64,11	kg
TOTAL						162,72
PESO EN Kg POR EL TOTAL DE VIGAS						
VOLUMEN DE LA VIGA		0,01125	m³	No. VIGAS		7
CEMENTO	664,28 kg	*	0,079 m³	=	57,54	kg
AGUA	199,28 kg	*	0,079 m³	=	17,26	ltrs
ARENA	544,21 kg	*	0,079 m³	=	47,14	kg
PIEDRA	915,2 kg	*	0,079 m³	=	79,28	kg
TOTAL						201,22
PESO EN Kg TOTAL						
CEMENTO	104,07 kg	=	2,081 sacos			
AGUA	31,22 kg					
ARENA	85,26 kg					
PIEDRA	143,38 kg					
TOTAL	363,94 kg					
CANTIDAD DE FIBRAS PARA CADA DISEÑO						
DOSIFICACIÓN 1	0,00 Kg/m³	CANTIDAD 1		0,0000	Kg	
DOSIFICACIÓN 2	3,00 Kg/m³	CANTIDAD 2		0,4273	Kg	
DOSIFICACIÓN 3	6,00 Kg/m³	CANTIDAD 3		0,8546	Kg	
TOTAL DE FIBRAS POR DISEÑO				1,2819	Kg	

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

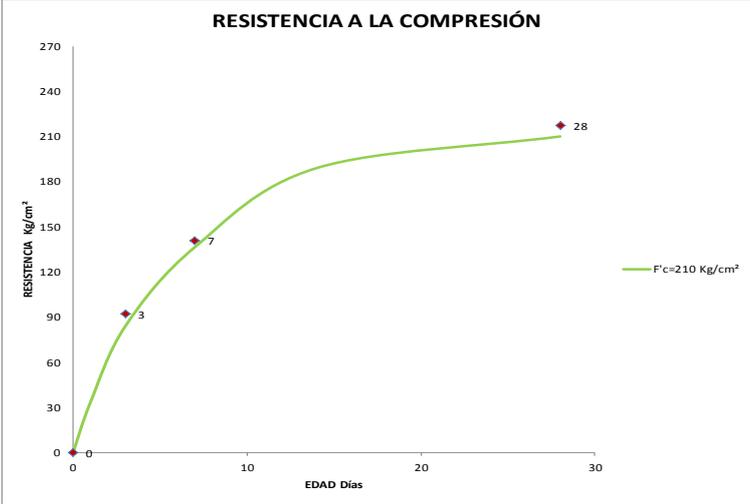
ENSAYOS DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

Anexo18 – Resistencia a compresión de muestra patrón.

Diseño 210 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".															
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.													
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS PATRONES ASTM C 39 M																
RESISTENCIA DE DISEÑO =	210	Kg/cm ²	TEMPERATURA = 29 °C.													
RESISTENCIA REQUERIDA =	280	Kg/cm ²	REVENIMIENTO = 20 cm.													
			AGREGADOS GRUESO: CALIZAS HUAYCO FINO: ARENA EL TRIUNFO													
No.	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	LONGITUD/D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	24-12-14	15,08	15,10	15,09	30,07	178,84	1,99	12,66	27-12-14	3	165,50	94,36	4,97	92,02	44,94	43,82
2		15,14	15,13	15,14	30,15	179,91	1,99	12,66			158,21	89,67			42,70	
3	24-12-14	15,05	15,05	15,05	30,1	177,89	2,00	12,62	31-12-14	7	250,00	143,30	3,21	141,00	68,24	67,14
4		15,12	15,10	15,11	30,05	179,32	1,99	12,54			243,90	138,70			66,05	
5	24-12-14	15,07	15,07	15,07	30,11	178,37	2,00	12,6	21-01-15	28	382,50	218,67	1,39	217,16	104,13	103,41
6		15,13	15,13	15,13	30,09	179,79	1,99	12,7			380,20	215,64			102,68	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



RESISTENCIA Kg/cm²

EDAD Días

f'c=210 Kg/cm²

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo19 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 3 kg/m³ de fibras de polipropileno.

Diseño 210 kg/cm².

TEMA:		"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".														
TESISTAS:		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO			TUTOR:		ING. LUCRECIA MORENO A.									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO ASTM C 39 M																
RESISTENCIA DE DISEÑO =		210	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	33	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO							
RESISTENCIA REQUERIDA =		280	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	20	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO							
No.	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	LONGITUD/ D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	13-01-15	15,08	15,10	15,09	30,07	178,84	1,99	12,79	16-01-15	3	371,23	211,67	0,06	211,60	100,79	100,76
2		15,14	15,13	15,14	30,15	179,91	1,99	12,92			373,21	211,53			100,73	
3	13-01-15	15,05	15,05	15,05	30,1	177,89	2,00	12,92	20-01-15	7	415,12	237,95	1,50	236,16	113,31	112,46
4		15,12	15,10	15,11	30,05	179,32	1,99	13,00			412,14	234,37			111,61	
5	13-01-15	15,07	15,07	15,07	30,11	178,37	2,00	12,9	10-02-15	28	483,21	276,25	0,29	275,84	131,55	131,35
6		15,13	15,13	15,13	30,09	179,79	1,99	12,94			485,64	275,44			131,16	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

RESISTENCIA Kg/cm²

EDAD Días

— F'c = 210 Kg/cm²+3Kg/m³ de Fibras de PP

— F'c = 210 Kg/cm²

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

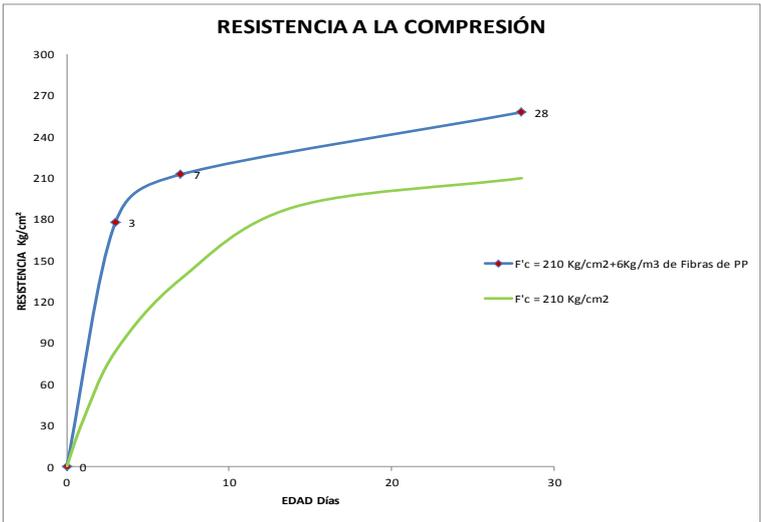
ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo20 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 6 kg/m³ de fibras de polipropileno.
Diseño 210 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 6 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO ASTM C 39 M			
RESISTENCIA DE DISEÑO =	210	Kg/cm ²	TEMPERATURA =
RESISTENCIA REQUERIDA =	280	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =
			30 °C.
			23 cm.
			AGREGADOS
			GRUESO
			FINO
			CALIZAS HUAYCO
			ARENA EL TRIUNFO

No.	FECHA DE VACIADO	DIAMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	AREA (cm ²)	LONGITUD/ D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	14-01-15	15,08	15,10	15,09	30,07	178,84	1,99	12,80	17-01-15	3	313,50	178,75	0,94	177,91	85,12	84,72
2		15,14	15,13	15,14	30,15	179,91	1,99	12,72			312,40	177,07			84,32	
3	14-01-15	15,05	15,05	15,05	30,1	177,89	2,00	12,82	21-01-15	7	370,30	212,26	0,38	212,67	101,08	101,27
4		15,12	15,10	15,11	30,05	179,32	1,99	12,58			374,70	213,08			101,47	
5	14-01-15	15,07	15,07	15,07	30,11	178,37	2,00	12,76	11-02-15	28	455,00	260,12	1,64	257,99	123,87	122,85
6		15,13	15,13	15,13	30,09	179,79	1,99	12,82			451,10	255,85			121,83	



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

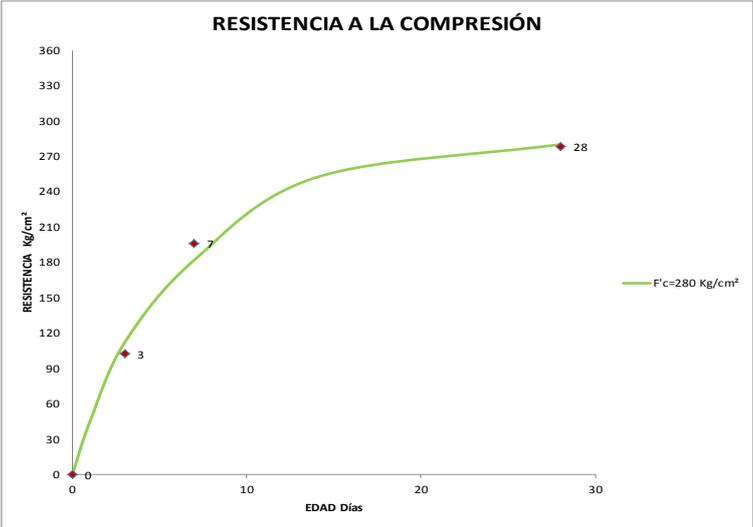
ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo21 – Resistencia a compresión de muestra patrón.

Diseño 280 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".															
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.													
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS PATRONES ASTM C 39 M																
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280	Kg/cm²	TEMPERATURA =	27	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO								
RESISTENCIA REQUERIDA =	365	Kg/cm²	REVENIMIENTO =	24	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO								
No.	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	LONGITUD/ D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	26-12-14	15,19	15,12	15,16	30,00	180,39	1,98	12,87	29-12-14	3	186,08	105,19	6,03	102,02	37,57	36,44
2		15,00	15,07	15,04	30,08	177,54	2,00	12,765			172,10	98,85				
3	26-12-14	15,06	15,00	15,03	30,26	177,42	2,01	12,70	02-01-15	7	341,42	196,23	0,41	195,82	70,08	69,94
4		15,04	15,00	15,02	30,22	177,19	2,01	12,86			339,56	195,42				
5	26-12-14	15,18	15,20	15,19	30,11	181,22	1,98	12,82	23-01-15	28	485,70	273,30	3,36	278,05	97,61	99,30
6		15,11	15,08	15,10	30,15	178,96	2,00	12,72			496,30	282,79			101,00	



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

RESISTENCIA Kg/cm²

EDAD Días

F'c=280 Kg/cm²

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo 22 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 3 kg/m³ de fibras de polipropileno.
Diseño 280 kg/cm².

TEMA:		"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".														
TESISTAS:		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO			TUTOR:		ING. LUCRECIA MORENO A.									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO ASTM C 39 M																
RESISTENCIA DE DISEÑO =		280	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	32	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO							
RESISTENCIA REQUERIDA =		365	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	22	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO							
No.	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	LONGITUD/ D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	15-01-15	15,19	15,12	15,16	30,00	180,39	1,98	12,64	18-01-15	3	492,20	278,24	0,59	277,43	99,37	99,08
2		15,00	15,07	15,04	30,08	177,54	2,00	12,94			481,60	276,61			98,79	
3	15-01-15	15,06	15,00	15,03	30,26	177,42	2,01	12,50	22-01-15	7	548,20	315,07	0,80	313,82	112,53	112,08
4		15,04	15,00	15,02	30,22	177,19	2,01	12,58			543,10	312,56			111,63	
5	15-01-15	15,18	15,20	15,19	30,11	181,22	1,98	12,83	12-02-15	28	655,20	368,68	0,75	370,07	131,67	132,17
6		15,11	15,08	15,10	30,15	178,96	2,00	13,04			651,90	371,45			132,66	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

RESISTENCIA Kg/cm²

EDAD Días

— F'c = 280 Kg/cm²+3Kg/m³ de Fibras de PP

— F'c = 280 Kg/cm²

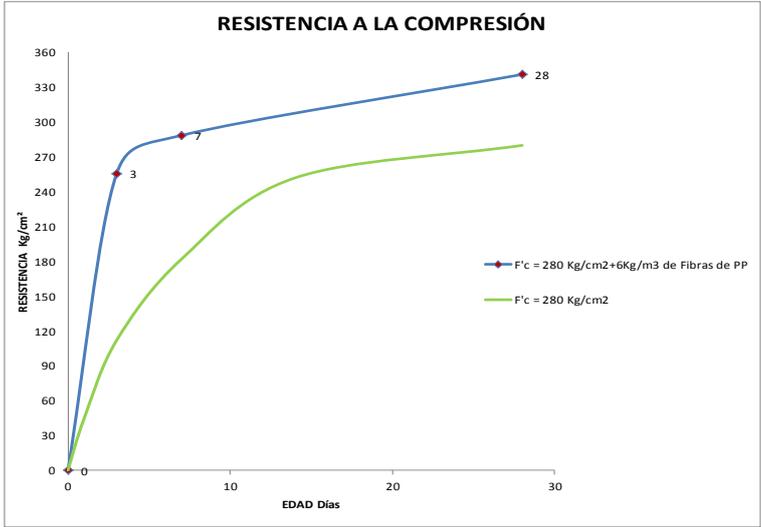
ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo23 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 6 kg/m³ de fibras de polipropileno.
Diseño 280 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".															
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.													
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 6 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO ASTM C 39 M																
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	32	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO								
RESISTENCIA REQUERIDA =	365	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	23	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO								
No.	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	LONGITUD/ D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	19-01-15	15,19	15,12	15,16	30,00	180,39	1,98	12,74	22-01-15	3	446,90	252,63	2,23	255,52	90,23	91,26
2		15,00	15,07	15,04	30,08	177,54	2,00	12,74			449,90	258,40			92,29	
3	19-01-15	15,06	15,00	15,03	30,26	177,42	2,01	12,66	26-01-15	7	510,00	293,12	3,11	288,57	104,69	103,06
4		15,04	15,00	15,02	30,22	177,19	2,01	12,62			493,50	284,01			101,43	
5	19-01-15	15,18	15,20	15,19	30,11	181,22	1,98	12,66	16-02-15	28	607,90	342,06	0,59	341,06	122,17	121,81
6		15,11	15,08	15,1	30,15	178,96	2,00	12,68			596,80	340,06			121,45	



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

RESISTENCIA Kg/cm²

EDAD Días

—●— F'c = 280 Kg/cm²+6Kg/m³ de Fibras de PP

—●— F'c = 280 Kg/cm²

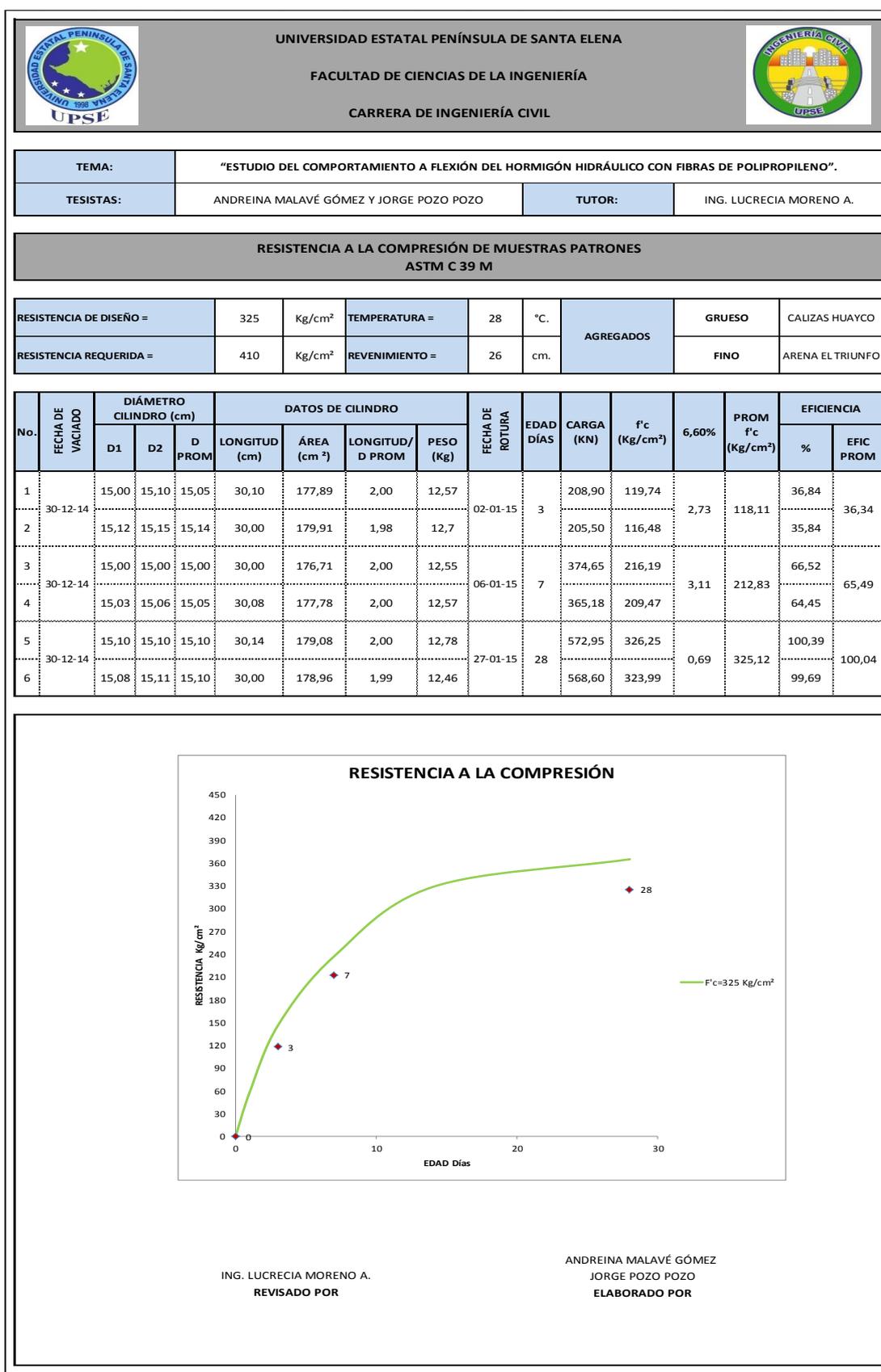
ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo 24 – Resistencia a compresión de muestra patrón.

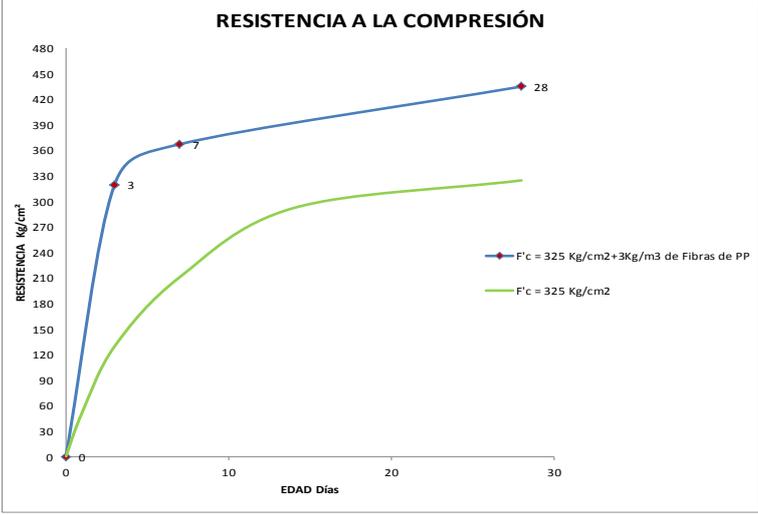
Diseño 325 kg/cm².



Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo25 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 3 kg/m³ de fibras de polipropileno.
Diseño 325 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL															
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".															
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.													
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO ASTM C 39 M																
RESISTENCIA DE DISEÑO =	325	Kg/cm²	TEMPERATURA =	29	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO								
RESISTENCIA REQUERIDA =	410	Kg/cm²	REVENIMIENTO =	23	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO								
No.	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	LONGITUD/ D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	20-01-15	15,00	15,10	15,05	30,10	177,89	2,00	12,72	23-01-15	3	582,50	333,90	8,27	320,10	102,74	98,49
2		15,12	15,15	15,14	30,00	179,91	1,98	12,74			540,40	306,30			94,24	
3	20-01-15	15,00	15,00	15	30,00	176,71	2,00	12,60	27-01-15	7	623,20	359,61	4,20	367,49	110,65	113,07
4		15,03	15,06	15,05	30,08	177,78	2,00	12,66			654,40	375,36			115,50	
5	20-01-15	15,10	15,10	15,1	30,14	179,08	2,00	12,74	17-02-15	28	738,20	420,35	6,61	435,22	129,34	133,91
6		15,08	15,11	15,1	30,00	178,96	1,99	12,74			789,90	450,09			138,49	



ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo 26 – Resistencia a compresión de muestra con adición de 6 kg/m³ de fibras de polipropileno.
Diseño 325 kg/cm².

TEMA:		"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".														
TESISTAS:		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO			TUTOR:		ING. LUCRECIA MORENO A.									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 6 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO ASTM C 39 M																
RESISTENCIA DE DISEÑO =		325	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	29	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO							
RESISTENCIA REQUERIDA =		410	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	23	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO							
No.	FECHA DE VACIADO	DIÁMETRO CILINDRO (cm)			DATOS DE CILINDRO				FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA (KN)	f'c (Kg/cm ²)	6,60%	PROM f'c (Kg/cm ²)	EFICIENCIA	
		D1	D2	D PROM	LONGITUD (cm)	ÁREA (cm ²)	LONGITUD/ D PROM	PESO (Kg)							%	EFIC PROM
1	22-01-15	15,00	15,10	15,05	30,10	177,89	2,00	12,7	25-01-15	3	520,50	298,36	1,92	301,28	91,80	92,70
2		15,12	15,15	15,14	30,00	179,91	1,98	12,68			536,70	304,20			93,60	
3	22-01-15	15,00	15,00	15	30,00	176,71	2,00	12,60	29-01-15	7	552,80	318,99	7,94	332,75	98,15	102,38
4		15,03	15,06	15,05	30,08	177,78	2,00	12,66			604,10	346,51			106,62	
5	22-01-15	15,10	15,10	15,1	30,14	179,08	2,00	12,72	19-02-15	28	689,40	392,56	3,31	399,27	120,79	122,85
6		15,08	15,11	15,1	30,00	178,96	1,99	12,76			712,50	405,98			124,92	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

RESISTENCIA Kg/cm²

EDAD Días

— F'c = 325 Kg/cm²+6Kg/m³ de Fibras de PP

— F'c = 325 Kg/cm²

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

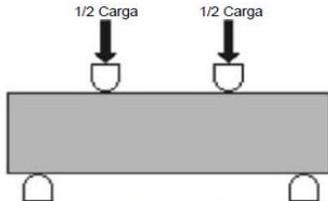
ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

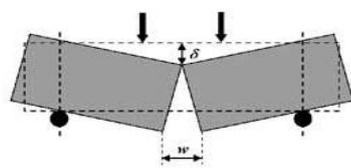
Anexo27 – Resistencia a flexión de muestra patrón.

Diseño 210 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.							
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS PATRONES CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	210	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	29 °C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO			
RESISTENCIA REQUERIDA =	280	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	20 cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO			
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	24-12-14	150,05	151,00	26,96	450	27-12-14	3	17,82	2,34	2,35
2		150,10	151,08	28,16	450			17,88	2,35	
3	24-12-14	150,14	150,12	28,96	450	31-12-14	7	22,10	2,94	2,92
4		150,08	151,10	26,9	450			22,04	2,89	
5	24-12-14	150,15	150,05	28,38	450	21-01-15	28	25,24	3,36	3,37
6		150,17	150,00	27,38	450			25,31	3,37	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.



$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

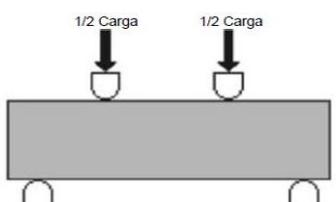
ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

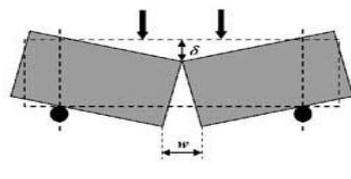
Anexo28 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 3 kg/m³ de fibras de polipropileno.

Diseño 210 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.							
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	210	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	33	°C.					
RESISTENCIA REQUERIDA =	280	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	20	cm.					
			AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO					
			FINO	ARENA EL TRIUNFO						
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	13-01-15	150,05	151,00	27,86	450	16-01-15	3	24,40	3,21	3,23
2		150,10	151,08	28,00				24,70	3,24	
3	13-01-15	150,14	150,12	27,74	450	20-01-15	7	28,96	3,85	3,87
4		150,08	151,10	29,18				29,60	3,89	
5	13-01-15	150,15	150,05	27,78	450	10-02-15	28	32,86	4,37	4,37
6		150,17	150,00	29,36				32,82	4,37	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.



$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

ING. LUCRECIA MORENO A.

REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ

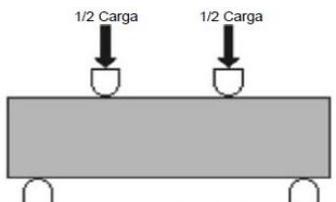
JORGE POZO POZO

ELABORADO POR

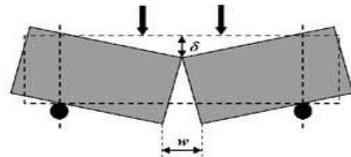
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo 29 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 6 kg/m³ de fibras de polipropileno.
Diseño 210 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO A.								
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 6 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	210 Kg/cm ²	TEMPERATURA = 30 °C.								
RESISTENCIA REQUERIDA =	280 Kg/cm ²	REVENIMIENTO = 23 cm.								
		AGREGADOS								
		GRUESO CALIZAS HUAYCO								
		FINO ARENA EL TRIUNFO								
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	14-01-15	150,05	151,00	28,12	450	17-01-15	3	23,90	3,14	3,20
2		150,10	151,08	28,66	450			24,80	3,26	
3	14-01-15	150,14	150,12	26,80	450	21-01-15	7	28,40	3,78	3,67
4		150,08	151,10	28,18	450			27,10	3,56	
5	14-01-15	150,15	150,05	26,78	450	11-02-15	28	32,40	4,31	4,31
6		150,17	150,00	26,80	450			32,36	4,31	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.



$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

ING. LUCRECIA MORENO A.

REVISADO POR

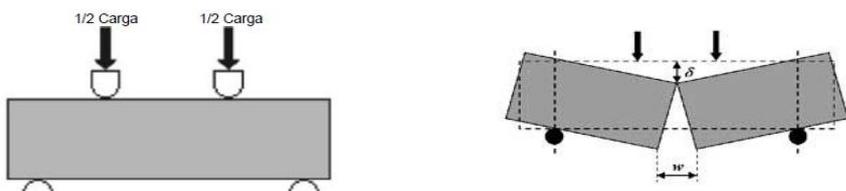
ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ

JORGE POZO POZO

ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO A.								
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS PATRONES CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	27	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO		
RESISTENCIA REQUERIDA =	365	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	24	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO		
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	26-12-14	150,10	150,00	27,38	450	29-12-14	3	23,70	3,16	3,20
2		150,10	150,10	26,9				24,30	3,23	
3	26-12-14	150,05	150,12	28,38	450	02-01-15	7	29,20	3,89	3,91
4		150,00	150,05	28,6				29,56	3,94	
5	26-12-14	150,15	150,10	27,02	450	23-01-15	28	33,7	4,48	4,54
6		150,14	150,10	29,02				34,6	4,60	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.

$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR
--	--

Anexo 31 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 3 kg/m³ de fibras de polipropileno.
Diseño 280 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.							
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280	Kg/cm ²	TEMPERATURA = 32 °C.							
RESISTENCIA REQUERIDA =	365	Kg/cm ²	REVENIMIENTO = 22 cm.							
			AGREGADOS							
			GRUESO CALIZAS HUAYCO							
			FINO ARENA EL TRIUNFO							
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	15-01-15	150,10	150,00	28,90	450	18-01-15	3	32,78	4,37	4,37
2		150,10	150,10	28,98	450			32,80	4,36	
3	15-01-15	150,05	150,12	25,58	450	22-01-15	7	38,52	5,13	5,14
4		150,00	150,05	27,76	450			38,68	5,15	
5	15-01-15	150,15	150,10	27,94	450	12-02-15	28	43,86	5,83	5,83
6		150,14	150,10	27,86	450			43,82	5,83	



$MR = PL/bd^2$

ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

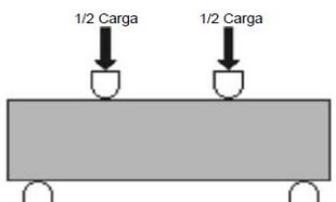
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR
--	--

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

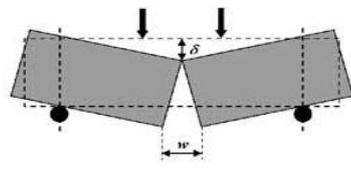
Anexo32 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 6 kg/m³ de fibras de polipropileno.

Diseño 280 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.							
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 6 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280	Kg/cm ²	TEMPERATURA = 32 °C.							
RESISTENCIA REQUERIDA =	365	Kg/cm ²	REVENIMIENTO = 23 cm.							
			AGREGADOS							
			GRUESO CALIZAS HUAYCO							
			FINO ARENA EL TRIUNFO							
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	19-01-15	150,10	150,00	28,22	450	22-01-15	3	32,04	4,27	4,26
2		150,10	150,10	28,56	450			31,96	4,25	
3	19-01-15	150,05	150,12	27,64	450	26-01-15	7	36,22	4,82	4,83
4		150,00	150,05	28,62	450			36,26	4,83	
5	19-01-15	150,15	150,10	27,50	450	16-02-15	28	43,22	5,75	5,75
6		150,14	150,10	27,52	450			43,18	5,74	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.



$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

ING. LUCRECIA MORENO A.

REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ

JORGE POZO POZO

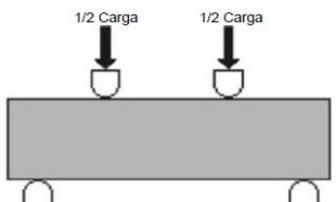
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

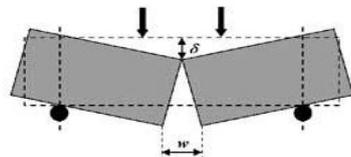
Anexo33 – Resistencia a flexión de muestra patrón.

Diseño 325 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".										
TESISTAS: ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO		TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO A.								
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS PATRONES CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	325	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	28	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO		
RESISTENCIA REQUERIDA =	410	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	26	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO		
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	30-12-14	150,00	150,09	28,5	450	02-01-15	3	27,56	3,67	3,67
2		150,10	150,03	29,12	450			27,62	3,68	
3	30-12-14	150,12	150,10	28,315	450	06-01-15	7	34,12	4,54	4,54
4		150,07	150,11	26,7	450			34,08	4,54	
5	30-12-14	150,12	150,05	28,32	450	27-01-15	28	39,20	5,22	5,23
6		150,08	150,00	27,12	450			39,32	5,24	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.



$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

ING. LUCRECIA MORENO A.

REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ

JORGE POZO POZO

ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

Anexo34 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 3 kg/m³ de fibras de polipropileno.

Diseño 325 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.							
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	325	Kg/cm ²	TEMPERATURA = 29 °C.							
RESISTENCIA REQUERIDA =	410	Kg/cm ²	REVENIMIENTO = 23 cm.							
			AGREGADOS							
			GRUESO CALIZAS HUAYCO							
			FINO ARENA EL TRIUNFO							
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	20-01-15	150,00	150,09	27,22	450	23-01-15	3	37,82	5,04	5,03
2		150,10	150,03	27,48	450			37,78	5,03	
3	20-01-15	150,12	150,10	28,98	450	27-01-15	7	44,86	5,97	5,97
4		150,07	150,11	27,02	450			44,82	5,96	
5	20-01-15	150,12	150,05	28,84	450	17-02-15	28	50,86	6,77	6,77
6		150,08	150,00	27,70	450			50,82	6,77	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.

$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

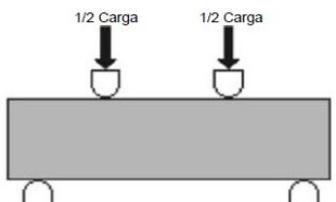
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR
--	--

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

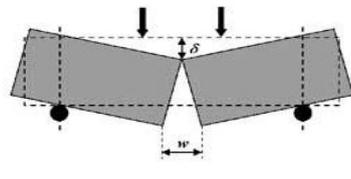
Anexo35 – Resistencia a flexión de muestra con adición de 6 kg/m³ de fibras de polipropileno.

Diseño 325 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".									
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO A.								
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE MUESTRAS CON ADICIÓN DE 6 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CARGA EN LOS PUNTOS TERCIOS ASTM C 78										
RESISTENCIA DE DISEÑO =	325	Kg/cm ²	TEMPERATURA =	29	°C.	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO		
RESISTENCIA REQUERIDA =	410	Kg/cm ²	REVENIMIENTO =	23	cm.		FINO	ARENA EL TRIUNFO		
No.	FECHA DE VACIADO	FRACTURA		PESO DE VIGA (Kg)	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS L (mm)	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	CARGA P (KN)	MR (MPa)	PROM MR (MPa)
		ANCHO PROM DE FRACTURA b (mm)	ALTO PROM DE FRACTURA d (mm)							
1	22-01-15	150,00	150,09	27,16	450	25-01-15	3	37,02	4,93	4,93
2		150,10	150,03	28,62	450			37,08	4,94	
3	22-01-15	150,12	150,10	28,42	450	29-01-15	7	41,96	5,58	5,59
4		150,07	150,11	27,74	450			42,02	5,59	
5	22-01-15	150,12	150,05	26,80	450	19-02-15	28	49,98	6,65	6,66
6		150,08	150,00	26,98	450			50,04	6,67	



ASTM C78. Cargas en los puntos tercios. La mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. El módulo de rotura es más bajo que en el caso de la carga en el punto medio. La tensión máxima en el tercio medio de la viga.



$MR = PL/bd^2$

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión.

ING. LUCRECIA MORENO A.

REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ

JORGE POZO POZO

ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo.

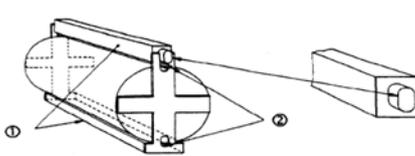
Anexo36 – Resistencia a la tracción indirecta – Ensayo brasileño.

 UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
TEMA:		"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".													
TESISTAS:		ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ y JORGE POZO POZO				TUTOR:		ING. LUCRECIA MORENO A.							
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA – ENSAYO BRASILEÑO ASTM C496															
No.	MUESTRA	RESISTENCIA REQUERIDA (Kg/cm ²)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	PESO (Kg)	CARGA MÁXIMA F (NEWTON)	DIMENSIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSA L d (mm)	LONGITUD DE LA LÍNEA DE CONTACTO DE LA PROBETA L (mm)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA σ_{ct} (MPa)	RESISTENCIA PROMEDIO A LA TRACCIÓN INDIRECTA (MPa)				
1	PATRÓN	210	16-01-15	13-03-15	56	12,70	176240,00	150,00	300,10	2,4924	2,5331				
2						12,74	182020,00	150,08	300,00	2,5737					
3	Con 3 Kg/m ³ de Fibras de pp.					13-01-15	10-03-15	56	12,60	222100,00		150,03	300,05	3,1409	
4									13,02	220100,00		150,10	300,10	3,1107	
5	Con 6 Kg/m ³ de Fibras de pp.	280	14-01-15	11-03-15	56	12,84	194100,00	150,05	300,15	2,7437	2,7078				
6						12,72	188960,00	150,07	300,00	2,6720					
7						13,04	245250,00	150,00	300,12	3,4682					
8	PATRÓN					26-12-14	20-02-15	56	13,04	238240,00		150,10	300,09	3,3671	
9	Con 3 Kg/m ³ de Fibras de pp.	280	15-01-15	12-03-15	56	12,50	290860,00	150,10	300,10	4,1107	4,1349				
10						12,54	294250,00	150,06	300,15	4,1590					
11	Con 6 Kg/m ³ de Fibras de pp.					19-01-15	16-03-15	56	12,74	257000,00		150,00	300,00	3,6358	
12									12,58	252000,00		150,00	300,08	3,5641	
13	PATRÓN	20-11-00	30-12-14	24-02-15	56	12,72	278260,00	150,10	300,00	3,9339	3,9477				
14						12,48	280240,00	150,07	300,10	3,9614					
15	Con 3 Kg/m ³ de Fibras de pp.					20-01-15	17-03-15	56	12,92	348220,00		150,04	300,14	4,9227	
16									12,54	340680,00		150,09	300,04	4,8161	
17	Con 6 Kg/m ³ de Fibras de pp.					22-01-15	19-03-15	56	12,70	303230,00		150,10	300,07	4,2860	4,3076
18									12,60	306260,00		150,12	300,00	4,3292	

FÓRMULA

$$\sigma_{ct} = \frac{2 F}{\pi L d}$$

F = CARGA MÁXIMA (NEWTON)
L = LONGITUD DE LA LÍNEA DE CONTACTO DE LA PROBETA (mm)
d = DIMENSIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (mm)
 σ_{ct} = RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (MPa)



ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

Anexo37 – Determinación del módulo de elasticidad del hormigón.

Diseño 210 kg/cm².



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA:

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.

TESISTAS: ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO

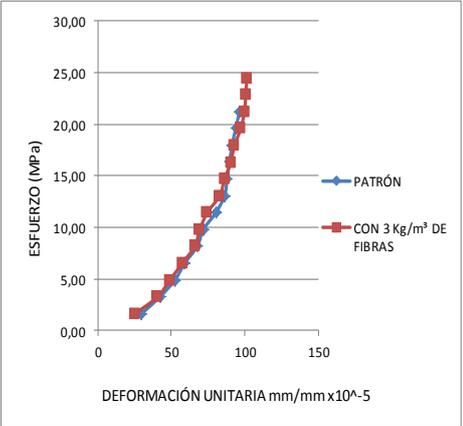
TUTOR:

ING. LUCRECIA MORENO A.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ASTM C 469 - 65

RESISTENCIA DE DISEÑO =	210 Kg/cm ²	EDAD DE LA MUESTRA:	28	DÍAS	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO
MÉTODO DE CURADO =	HÚMEDO	FECHA DE ENSAYO:	ABRIL DEL 2015			FINO	ARENA EL TRIUNFO

MUESTRA	CARGA (kg)	ESFUERZO (MPa)	LECTURA x10 ⁻³ in	LECTURA x10 ⁻³ mm	DEF UNITARIA x10 ⁻⁵ mm
PATRÓN	3000	1,64	35,00	88,90	29,623459
	6000	3,27	50,00	127,00	42,319227
	9000	4,91	62,00	157,48	52,475841
	12000	6,54	70,00	177,80	59,246918
	15000	8,18	80,00	203,20	67,710763
	18000	9,81	85,00	215,90	71,942686
	21000	11,45	95,00	241,30	80,406531
D 1	24000	13,08	102,00	259,08	86,331223
15,12	27000	14,72	104,00	264,16	88,023992
D 2	30000	16,35	106,00	269,24	89,716761
15,15	33000	17,99	108,00	274,32	91,409530
ÁREA	36000	19,62	111,00	281,94	93,948684
179,9102	39000	21,26	114,00	289,56	96,487837
LONGITUD					
300,1					
CON 3 Kg/m³ DE FIBRAS	3000	1,63	30,00	76,20	25,383078
	6000	3,26	48,00	121,92	40,612925
	9000	4,90	58,00	147,32	49,073951
	12000	6,53	68,00	172,72	57,534977
	15000	8,16	78,00	198,12	65,996003
	18000	9,79	82,00	208,28	69,380413
	21000	11,42	88,00	223,52	74,457029
D 1	24000	13,06	98,00	248,92	82,918055
15,1	27000	14,69	102,00	259,08	86,302465
D 2	30000	16,32	107,00	271,78	90,532978
15,2	33000	17,95	110,00	279,40	93,071286
ÁREA	36000	19,58	115,00	292,10	97,301799
180,267	39000	21,22	118,00	299,72	99,840107
LONGITUD	42000	22,85	119,00	302,26	100,686209
300,2	45000	24,48	120,00	304,80	101,532312



FÓRMULA

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - e_1}$$

MUESTRA	PATRÓN (MPa)	3 Kg/m ³ DE FIBRAS (MPa)
S ₂ =	8,51	9,79
S ₁ =	1,64	1,63
e ₂ =	68,556000	69,380413
e ₁ =	29,623459	25,383078
E _c =	17647,747	18547,1124

DONDE:

S₂= ESFUERZO PRODUCIDO AL 40% DE LA CARGA MÁXIMA

S₁= ESFUERZO PRODUCIDO A UNA DEFORMACIÓN DE 0,00005

e₂= DEFORMACIÓN PRODUCIDO AL 40% DE LA CARGA MAX.

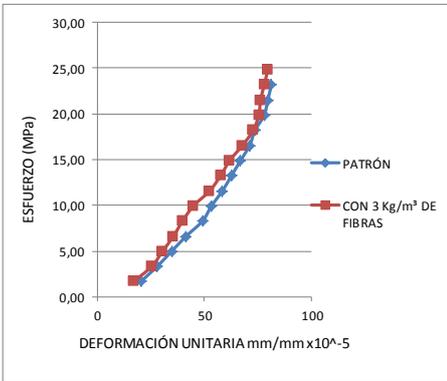
e₁= DEFORMACIÓN INICIAL

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

125

Anexo38 – Determinación del módulo de elasticidad del hormigón.

Diseño 280 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																																																																																																								
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".																																																																																																																																																																								
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.																																																																																																																																																																						
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ASTM C 469 - 65																																																																																																																																																																									
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280 Kg/cm ²	EDAD DE LA MUESTRA:	28																																																																																																																																																																						
MÉTODO DE CURADO =	HÚMEDO	FECHA DE ENSAYO:	ABRIL DEL 2015																																																																																																																																																																						
		AGREGADOS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">GRUESO</td> <td>CALIZAS HUAYCO</td> </tr> <tr> <td>FINO</td> <td>ARENA EL TRIUNFO</td> </tr> </table>	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	FINO	ARENA EL TRIUNFO																																																																																																																																																																		
GRUESO	CALIZAS HUAYCO																																																																																																																																																																								
FINO	ARENA EL TRIUNFO																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>CARGA (kg)</th> <th>ESFUERZO (MPa)</th> <th>LECTURA x10⁻³ in</th> <th>LECTURA x10⁻³ mm</th> <th>DEF UNITARIA x10⁻⁵ mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6" style="text-align: center;">PATRÓN</td> <td>3000</td> <td>1,65</td> <td>24,00</td> <td>60,96</td> <td>20,313229</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>3,31</td> <td>33,00</td> <td>83,82</td> <td>27,930690</td> </tr> <tr> <td>9000</td> <td>4,96</td> <td>41,00</td> <td>104,14</td> <td>34,701766</td> </tr> <tr> <td>12000</td> <td>6,62</td> <td>49,00</td> <td>124,46</td> <td>41,472842</td> </tr> <tr> <td>15000</td> <td>8,27</td> <td>58,00</td> <td>147,32</td> <td>49,090303</td> </tr> <tr> <td>18000</td> <td>9,92</td> <td>63,00</td> <td>160,02</td> <td>53,322226</td> </tr> <tr> <td>D 1</td> <td>24000</td> <td>13,23</td> <td>74,00</td> <td>187,96</td> <td>62,632456</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>27000</td> <td>14,88</td> <td>79,00</td> <td>200,66</td> <td>66,864379</td> </tr> <tr> <td>D 2</td> <td>30000</td> <td>16,54</td> <td>84,00</td> <td>213,36</td> <td>71,096301</td> </tr> <tr> <td>15,1</td> <td>33000</td> <td>18,19</td> <td>87,00</td> <td>220,98</td> <td>73,635455</td> </tr> <tr> <td>ÁREA</td> <td>36000</td> <td>19,85</td> <td>92,00</td> <td>233,68</td> <td>77,867378</td> </tr> <tr> <td>177,8951</td> <td>39000</td> <td>21,50</td> <td>94,00</td> <td>238,76</td> <td>79,560147</td> </tr> <tr> <td>LONGITUD</td> <td>42000</td> <td>23,15</td> <td>96,00</td> <td>243,84</td> <td>81,252916</td> </tr> <tr> <td>300,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="6" style="text-align: center;">CON 3 Kg/m³ DE FIBRAS</td> <td>3000</td> <td>1,65</td> <td>20,00</td> <td>50,80</td> <td>16,933333</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>3,31</td> <td>30,00</td> <td>76,20</td> <td>25,400000</td> </tr> <tr> <td>9000</td> <td>4,96</td> <td>36,00</td> <td>91,44</td> <td>30,480000</td> </tr> <tr> <td>12000</td> <td>6,62</td> <td>42,00</td> <td>106,68</td> <td>35,560000</td> </tr> <tr> <td>15000</td> <td>8,27</td> <td>47,00</td> <td>119,38</td> <td>39,793333</td> </tr> <tr> <td>18000</td> <td>9,92</td> <td>53,00</td> <td>134,62</td> <td>44,873333</td> </tr> <tr> <td>D 1</td> <td>24000</td> <td>13,23</td> <td>68,00</td> <td>172,72</td> <td>57,573333</td> </tr> <tr> <td>15,1</td> <td>27000</td> <td>14,88</td> <td>73,00</td> <td>185,42</td> <td>61,806667</td> </tr> <tr> <td>D 2</td> <td>30000</td> <td>16,54</td> <td>80,00</td> <td>203,20</td> <td>67,733333</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>33000</td> <td>18,19</td> <td>86,00</td> <td>218,44</td> <td>72,813333</td> </tr> <tr> <td>ÁREA</td> <td>36000</td> <td>19,85</td> <td>89,00</td> <td>226,06</td> <td>75,353333</td> </tr> <tr> <td>177,8951</td> <td>39000</td> <td>21,50</td> <td>90,00</td> <td>228,60</td> <td>76,200000</td> </tr> <tr> <td>LONGITUD</td> <td>42000</td> <td>23,15</td> <td>92,00</td> <td>233,68</td> <td>77,893333</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>45000</td> <td>24,81</td> <td>94,00</td> <td>238,76</td> <td>79,586667</td> </tr> </tbody> </table>						MUESTRA	CARGA (kg)	ESFUERZO (MPa)	LECTURA x10 ⁻³ in	LECTURA x10 ⁻³ mm	DEF UNITARIA x10 ⁻⁵ mm	PATRÓN	3000	1,65	24,00	60,96	20,313229	6000	3,31	33,00	83,82	27,930690	9000	4,96	41,00	104,14	34,701766	12000	6,62	49,00	124,46	41,472842	15000	8,27	58,00	147,32	49,090303	18000	9,92	63,00	160,02	53,322226	D 1	24000	13,23	74,00	187,96	62,632456	15	27000	14,88	79,00	200,66	66,864379	D 2	30000	16,54	84,00	213,36	71,096301	15,1	33000	18,19	87,00	220,98	73,635455	ÁREA	36000	19,85	92,00	233,68	77,867378	177,8951	39000	21,50	94,00	238,76	79,560147	LONGITUD	42000	23,15	96,00	243,84	81,252916	300,1						CON 3 Kg/m³ DE FIBRAS	3000	1,65	20,00	50,80	16,933333	6000	3,31	30,00	76,20	25,400000	9000	4,96	36,00	91,44	30,480000	12000	6,62	42,00	106,68	35,560000	15000	8,27	47,00	119,38	39,793333	18000	9,92	53,00	134,62	44,873333	D 1	24000	13,23	68,00	172,72	57,573333	15,1	27000	14,88	73,00	185,42	61,806667	D 2	30000	16,54	80,00	203,20	67,733333	15	33000	18,19	86,00	218,44	72,813333	ÁREA	36000	19,85	89,00	226,06	75,353333	177,8951	39000	21,50	90,00	228,60	76,200000	LONGITUD	42000	23,15	92,00	233,68	77,893333	300	45000	24,81	94,00	238,76	79,586667
MUESTRA	CARGA (kg)	ESFUERZO (MPa)	LECTURA x10 ⁻³ in	LECTURA x10 ⁻³ mm	DEF UNITARIA x10 ⁻⁵ mm																																																																																																																																																																				
PATRÓN	3000	1,65	24,00	60,96	20,313229																																																																																																																																																																				
	6000	3,31	33,00	83,82	27,930690																																																																																																																																																																				
	9000	4,96	41,00	104,14	34,701766																																																																																																																																																																				
	12000	6,62	49,00	124,46	41,472842																																																																																																																																																																				
	15000	8,27	58,00	147,32	49,090303																																																																																																																																																																				
	18000	9,92	63,00	160,02	53,322226																																																																																																																																																																				
D 1	24000	13,23	74,00	187,96	62,632456																																																																																																																																																																				
15	27000	14,88	79,00	200,66	66,864379																																																																																																																																																																				
D 2	30000	16,54	84,00	213,36	71,096301																																																																																																																																																																				
15,1	33000	18,19	87,00	220,98	73,635455																																																																																																																																																																				
ÁREA	36000	19,85	92,00	233,68	77,867378																																																																																																																																																																				
177,8951	39000	21,50	94,00	238,76	79,560147																																																																																																																																																																				
LONGITUD	42000	23,15	96,00	243,84	81,252916																																																																																																																																																																				
300,1																																																																																																																																																																									
CON 3 Kg/m³ DE FIBRAS	3000	1,65	20,00	50,80	16,933333																																																																																																																																																																				
	6000	3,31	30,00	76,20	25,400000																																																																																																																																																																				
	9000	4,96	36,00	91,44	30,480000																																																																																																																																																																				
	12000	6,62	42,00	106,68	35,560000																																																																																																																																																																				
	15000	8,27	47,00	119,38	39,793333																																																																																																																																																																				
	18000	9,92	53,00	134,62	44,873333																																																																																																																																																																				
D 1	24000	13,23	68,00	172,72	57,573333																																																																																																																																																																				
15,1	27000	14,88	73,00	185,42	61,806667																																																																																																																																																																				
D 2	30000	16,54	80,00	203,20	67,733333																																																																																																																																																																				
15	33000	18,19	86,00	218,44	72,813333																																																																																																																																																																				
ÁREA	36000	19,85	89,00	226,06	75,353333																																																																																																																																																																				
177,8951	39000	21,50	90,00	228,60	76,200000																																																																																																																																																																				
LONGITUD	42000	23,15	92,00	233,68	77,893333																																																																																																																																																																				
300	45000	24,81	94,00	238,76	79,586667																																																																																																																																																																				
																																																																																																																																																																									
FÓRMULA $E_c = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - e_1}$																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>PATRÓN (MPa)</th> <th>3 Kg/m³ DE FIBRAS (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S₂=</td> <td>9,260</td> <td>9,92</td> </tr> <tr> <td>S₁=</td> <td>1,654</td> <td>1,65</td> </tr> <tr> <td>e₂=</td> <td>53,322226</td> <td>44,873333</td> </tr> <tr> <td>e₁=</td> <td>20,313229</td> <td>16,933333</td> </tr> <tr> <td>E_c=</td> <td>23042,786</td> <td>29595,695</td> </tr> </tbody> </table>						MUESTRA	PATRÓN (MPa)	3 Kg/m ³ DE FIBRAS (MPa)	S ₂ =	9,260	9,92	S ₁ =	1,654	1,65	e ₂ =	53,322226	44,873333	e ₁ =	20,313229	16,933333	E _c =	23042,786	29595,695																																																																																																																																																		
MUESTRA	PATRÓN (MPa)	3 Kg/m ³ DE FIBRAS (MPa)																																																																																																																																																																							
S ₂ =	9,260	9,92																																																																																																																																																																							
S ₁ =	1,654	1,65																																																																																																																																																																							
e ₂ =	53,322226	44,873333																																																																																																																																																																							
e ₁ =	20,313229	16,933333																																																																																																																																																																							
E _c =	23042,786	29595,695																																																																																																																																																																							
<p>DONDE:</p> <p>S₂= ESFUERZO PRODUCIDO AL 40% DE LA CARGA MÁXIMA</p> <p>S₁= ESFUERZO PRODUCIDO A UNA DEFORMACIÓN DE 0,00005</p> <p>e₂= DEFORMACIÓN PRODUCIDO AL 40% DE LA CARGA MAX.</p> <p>e₁= DEFORMACIÓN INICIAL</p>																																																																																																																																																																									
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR			ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR																																																																																																																																																																						

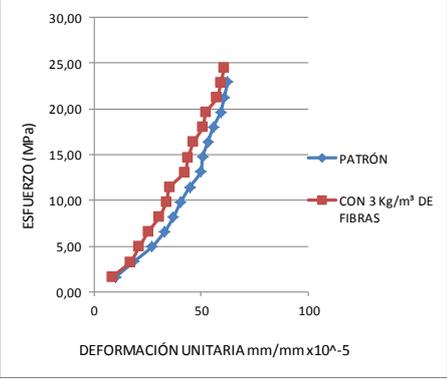
Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

Anexo39 – Determinación del módulo de elasticidad del hormigón.

Diseño 325 kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".						
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.				
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ASTM C 469 - 65							
RESISTENCIA DE DISEÑO =	325 Kg/cm²	EDAD DE LA MUESTRA:	28	DÍAS	AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO
MÉTODO DE CURADO =	HÚMEDO	FECHA DE ENSAYO:	ABRIL DEL 2015			FINO	ARENA EL TRIUNFO

MUESTRA	CARGA (kg)	ESFUERZO (MPa)	LECTURA x10-3 in	LECTURA x10^-3 mm	DEF UNITARIA x10^-5 mm
PATRÓN	3000	1,64	12,00	30,48	10,119522
	6000	3,27	22,00	55,88	18,552457
	9000	4,91	32,00	81,28	26,985392
	12000	6,54	39,00	99,06	32,888446
	15000	8,18	44,00	111,76	37,104914
	18000	9,81	48,00	121,92	40,478088
21000	11,45	53,00	134,62	44,694555	
D 1	24000	13,08	59,00	149,86	49,754316
15,12	27000	14,72	60,00	152,40	50,597610
D 2	30000	16,35	63,00	160,02	53,127490
15,15	33000	17,99	66,00	167,64	55,657371
ÁREA	36000	19,62	70,00	177,80	59,030544
179,9102	39000	21,26	72,00	182,88	60,717131
LONGITUD	42000	22,89	74,00	187,96	62,403718
301,2					
CON 3 Kg/m³ DE FIBRAS	3000	1,63	10,00	25,40	8,446957
	6000	3,26	20,00	50,80	16,893914
	9000	4,90	25,00	63,50	21,117393
	12000	6,53	30,00	76,20	25,340871
	15000	8,16	36,00	91,44	30,409046
	18000	9,79	40,00	101,60	33,787828
21000	11,42	42,00	106,68	35,477220	
D 1	24000	13,06	50,00	127,00	42,234786
15,1	27000	14,69	52,00	132,08	43,924177
D 2	30000	16,32	55,00	139,70	46,458264
15,2	33000	17,95	60,00	152,40	50,681743
ÁREA	36000	19,58	62,00	157,48	52,371134
180,267	39000	21,22	68,00	172,72	57,439308
LONGITUD	42000	22,85	70,00	177,80	59,128700
300,7	45000	24,48	72,00	182,88	60,818091



FÓRMULA

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - e_1}$$

MUESTRA	PATRÓN (MPa)	3 Kg/m³ DE FIBRAS (MPa)
S ₂ =	9,158	9,79
S ₁ =	1,635	1,63
e ₂ =	39,128000	33,787828
e ₁ =	10,119522	8,446957
E _c =	25932,82	32201,873

DONDE:
 S₂= ESFUERZO PRODUCIDO AL 40% DE LA CARGA MÁXIMA
 S₁= ESFUERZO PRODUCIDO A UNA DEFORMACIÓN DE 0,00005
 e₂= DEFORMACIÓN PRODUCIDA AL 40% DE LA CARGA MAX.
 e₁= DEFORMACIÓN INICIAL

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

Anexo40 – Determinación de la desviación estándar (día 3).

Diseño 280 Kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR NTE INEN 1855			
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280 Kg/cm ²	EDAD DE LA MUESTRA:	3 DÍAS
RESISTENCIA REQUERIDA =	365 Kg/cm ²	MUESTRAS CON 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO	AGREGADOS GRUESO CALIZAS HUAYCO FINO ARENA EL TRIUNFO

No. ENSAYO	ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (MPa)			PROMEDIO		CRITERIO DE ACEPTACIÓN		
	CILINDRO 1	CILINDRO 2	PROM POR ENSAYO	PROMEDIO	xi	(xi-x) ²	RESISTENCIA > f'c	OBSERVACIÓN
1	27,28	27,12	27,20	26,99	27,20	0,01		
2	27,31	26,79	27,05		27,05	0,00		
3	26,45	27,00	26,73		26,73	0,12		
4	28,00	27,55	27,78	27,05	27,78	0,49		
5	27,65	27,23	27,44		27,44	0,13		
6	26,00	25,84	25,92		25,92	1,34		
7	26,74	26,51	26,63	26,91	26,63	0,21		
8	26,88	26,90	26,89		26,89	0,04		
9	27,28	27,12	27,20		27,20	0,01		
10	27,00	27,57	27,29	27,64	27,29	0,04		
11	27,50	27,58	27,54		27,54	0,21		
12	28,10	28,10	28,10		28,10	1,04		
13	26,91	27,05	26,98	26,81	26,98	0,01		
14	26,20	26,31	26,26		26,26	0,68		
15	27,15	27,22	27,19		27,19	0,01		
SUMATORIA					406,17	4,35		
RESISTENCIA PROM (X)					27,08			
DESVIACIÓN ESTANDAR (Ss)						0,56		

FÓRMULA DE DESVIACIÓN ESTANDAR

$$Ss = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

DONDE:

Ss= DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA MUESTRA.

Xi= ENSAYO INDIVIDUAL DE RESISTENCIA

X= PROMEDIO DE n RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA.

n= NÚMERO DE ENSAYOS CONSECUTIVOS DE RESISTENCIA

RESISTENCIA ESPECIFICADA f'c=28,00

NINGÚN RESULTADO DE CADA ENSAYO PUEDE SER INFERIOR A f'c POR MAS DE 3,5MPa (24,5MPa).

ING. LUCRECIA MORENO A.

REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ

JORGE POZO POZO

ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

Anexo41 – Determinación de la desviación estándar (día 7).

Diseño 280 Kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR NTE INEN 1855			
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280	Kg/cm ²	EDAD DE LA MUESTRA: 7 DÍAS
RESISTENCIA REQUERIDA =	365	Kg/cm ²	MUESTRAS CON 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO
			AGREGADOS : GRUESO CALIZAS HUAYCO FINO ARENA EL TRIUNFO

No. ENSAYO	ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (MPa)			PROMEDIO	CRITERIO DE ACEPTACIÓN		
	CILINDRO 1	CILINDRO 2	PROM POR ENSAYO		RESISTENCIA > f _c	OBSERVACIÓN	
1	30,89	30,65	30,77	30,71	30,77	0,15	
2	30,12	30,92	30,52		30,52	0,02	
3	30,88	30,80	30,84		30,84	0,21	
4	30,72	30,79	30,76	30,88	30,76	0,14	
5	31,02	30,75	30,89		30,89	0,26	
6	31,12	30,90	31,01		31,01	0,40	
7	29,85	29,96	29,91	29,80	29,91	0,22	
8	29,96	29,56	29,76		29,76	0,38	
9	30,13	29,36	29,75		29,75	0,40	
10	30,04	30,12	30,08	30,15	30,08	0,09	
11	30,18	30,25	30,22		30,22	0,03	
12	29,85	30,46	30,16		30,16	0,05	
13	29,98	30,55	30,27	30,35	30,27	0,01	
14	30,16	30,42	30,29		30,29	0,01	
15	30,23	30,74	30,49		30,49	0,01	
SUMATORIA					455,68	2,39	
RESISTENCIA PROM (X)					30,38		
DESVIACIÓN ESTANDAR (Ss)					0,41		

<p>FÓRMULA DE DESVIACIÓN ESTANDAR</p> $Ss = \sqrt{\frac{\sum (xi - X)^2}{(n - 1)}}$ <p>DONDE: Ss= DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA MUESTRA. xi= ENSAYO INDIVIDUAL DE RESISTENCIA X= PROMEDIO DE n RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA. n= NÚMERO DE ENSAYOS CONSECUTIVOS DE RESISTENCIA</p>	<p>RESISTENCIA ESPECIFICADA f_c=28,00 NINGÚN RESULTADO DE CADA ENSAYO PUEDE SER INFERIOR A f_c POR MAS DE 3,5MPa (24,5MPa).</p>
--	--

ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR
--	--

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

Anexo42 – Determinación de la desviación estándar (día 28).

Diseño 280 Kg/cm².

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR NTE INEN 1855			
RESISTENCIA DE DISEÑO =	280	Kg/cm ²	EDAD DE LA MUESTRA: 28 DÍAS
RESISTENCIA REQUERIDA =	365	Kg/cm ²	MUESTRAS CON 3 Kg/ m³ DE FIBRAS DE POLIPROPILENO
			AGREGADOS: GRUESO CALIZAS HUAYCO FINO ARENA EL TRIUNFO

No. ENSAYO	ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (MPa)			PROMEDIO	PROMEDIO		CRITERIO DE ACEPTACIÓN	
	CILINDRO 1	CILINDRO 2	PROM POR ENSAYO		xi	(xi-x)^2	RESISTENCIA > f'c	OBSERVACIÓN
1	36,42	36,15	36,29	36,30	36,29	0,58	OK	LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN CON FIBRAS DE POLIPROPILENO SE CONSIDERA SATISFACTORIA.
2	35,79	36,00	35,90		35,90	1,32		
3	37,00	36,45	36,73		36,73	0,10		
4	36,40	37,12	36,76	36,67	36,76	0,08	OK	
5	36,52	37,24	36,88		36,88	0,03		
6	36,33	36,43	36,38		36,38	0,44		
7	37,17	36,59	36,88	37,60	36,88	0,03	OK	
8	37,41	38,16	37,79		37,79	0,55		
9	38,10	38,17	38,14		38,14	1,19		
10	37,24	37,75	37,50	37,46	37,50	0,20	OK	
11	38,14	38,12	38,13		38,13	1,18		
12	36,40	37,10	36,75		36,75	0,09		
13	37,24	38,00	37,62	37,19	37,62	0,33	OK	
14	37,10	37,56	37,33		37,33	0,08		
15	36,48	36,74	36,61		36,61	0,19		
SUMATORIA					555,66	6,38		
RESISTENCIA PROM (X)					37,04			
DESVIACIÓN ESTANDAR (Ss)						0,68		

FÓRMULA DE DESVIACIÓN ESTANDAR

$$Ss = \sqrt{\frac{\sum(Xi - X)^2}{(n-1)}}$$

DONDE:

- Ss= DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA MUESTRA.
- Xi= ENSAYO INDIVIDUAL DE RESISTENCIA
- X= PROMEDIO DE n RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA.
- n= NÚMERO DE ENSAYOS CONSECUTIVOS DE RESISTENCIA

RESISTENCIA ESPECIFICADA f'c=28,00

NINGÚN RESULTADO DE CADA ENSAYO PUEDE SER INFERIOR A f'c POR MAS DE 3,5MPa (24,5MPa).

ING. LUCRECIA MORENO A.

REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ

JORGE POZO POZO

ELABORADO POR

Fuente: Andreina Malavé - Jorge Pozo

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:	“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO”.					
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ Y JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.			
RESUMEN DE RESISTENCIAS						
AGREGADOS	GRUESO	CALIZAS HUAYCO	NORMAS TÉCNICAS:			
	FINO	ARENA EL TRIUNFO	ASTM C 39 ASTM C 78 ASTM C 496 ASTM C 469-65			
RESISTENCIA Kg/cm ²	MUESTRA	EDAD DÍAS	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	MÓDULO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA	MÓDULO DE ELASTICIDAD
			Kg/cm ² %	Mpa 10 - 20 % de F ^c	Mpa 10 % de F ^c	
210*	Patrón	28	210,00 100,00	3,37 16,33 %	2,53 12,30 %	17647,74 Mpa
	3Kg/m ³ de PP	28	275,84 131,35	4,37 21,22 %	3,12 15,18 %	18547,11 Mpa
	6Kg/m ³ de PP	28	257,99 122,85	4,31 20,92 %	2,70 13,15 %	
280**	Patrón	28	280,00 100,00	4,54 16,55 %	3,41 12,45 %	23042,79 Mpa
	3Kg/m ³ de PP	28	377,69 134,89	5,83 21,25 %	4,13 15,06 %	29595,70 Mpa
	6Kg/m ³ de PP	28	341,06 121,81	5,75 20,94 %	3,60 13,11 %	
325*	Patrón	28	325,00 100,00	5,23 16,39 %	3,94 12,39 %	25932,82 Mpa
	3Kg/m ³ de PP	28	435,22 133,91	6,77 21,23 %	4,86 15,28 %	32201,87 Mpa
	6Kg/m ³ de PP	28	399,27 122,85	6,66 20,88 %	4,3 13,52 %	
* Resultados obtenidos de muestreos						
** Resultados obtenidos mediante la desviación estándar NTE INEN 1855						
ING. LUCRECIA MORENO A. REVISADO POR				ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO ELABORADO POR		



UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".		
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR:	ING. LUCRECIA MORENO A.

VALOR DEL PULSO ULTRASÓNICO DEL HORMIGÓN ENDURECIDO
ASTM C597

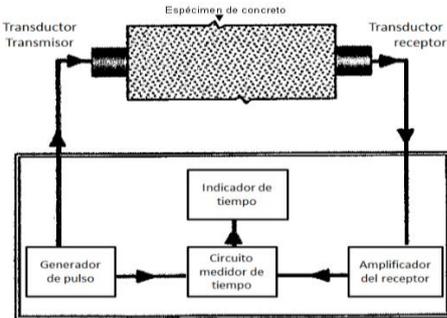
MUESTRA : Hormigón de 280 Kg/cm ²		
N°	Velocidad (mts/seg)	Tiempo seg
1	4672	64,2
2	3436	37,3
3	4731	63,4
4	4739	63,3
5	4746	63,2
6	4754	63,1
7	4746	63,2
8	4739	63,30

MUESTRA : Hormigón de 280 Kg/cm ² +3 Kg/m ³ de fibras de polipropileno		
N°	Velocidad (mts/seg)	Tiempo seg
1	4651	65
2	4636	65
3	4643	65
4	4658	64
5	4622	65
6	4601	65
7	4608	65
8	4643	65,00

Clasificación de la calidad del Hormigón por medio de la velocidad de onda según Leslie y Cheesman	
Velocidad de la onda longitudinal m/s	Condición del hormigón
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

Evaluación de la calidad mediante la velocidad de pulso según Agraval	
Velocidad de pulso m/s	Condición del hormigón
Más de 3000	Buena
De 2500 a 3000	Regular
Menos de 2130	Pobre

ESQUEMA DEL MÉTODO DE ENSAYO



ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

	<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>			
PERMEABILIDAD AL AIRE				
TEMA:	"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO".			
TESISTAS:	ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ JORGE POZO POZO	TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO A.		
RESITENCIA	MUESTRA	LONGITUD L (mm)	kT (x10⁻¹⁶m²)	PERMEABILIDAD
280 Kg/cm ²	Patrón	36,7	0,28	Moderada
	3 Kg/m ³ de fibras de polipropileno	29,8	0,189	Moderada

Clasificación de la permeabilidad del hormigón en función de Kt

Clase	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	Permeabilidad
PK1	0,01	Muy baja
PK2	0,01-0,1	Baja
PK3	0,1-1,0	Moderada
PK4	1,0-10,0	Alta

ING. LUCRECIA MORENO A.
REVISADO POR

ANDREINA MALAVÉ GÓMEZ
JORGE POZO POZO
ELABORADO POR

Anexo46 -ENSAYOS DE AGREGADOS



Granulometría del agregado grueso



Granulometría del agregado fino



Peso volumétrico varillado del agregado



Peso volumétrico suelto del agregado



Densidad saturada del agregado fino



Lajosidad y elongación del agregado



Abrasión de los ángeles del agregado grueso



Contenido de fibras

Anexo47 - FIBRAS DE POLIPROPILENO TIPO ONDULADA



Fibras de polipropileno utilizadas



Colocación de las fibras de polipropileno al hormigón

Anexo48 - MEZCLA DE HORMIGÓN



Mezcla del hormigón en concreteira



Colocación del hormigón en carretilla



Colocación del agregado para la mezcla



Colocación del agua para la mezcla

Anexo49 - DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO Y TEMPERATURA DEL HORMIGÓN



Revenimiento del hormigón



Revenimiento del hormigón



Temperatura del hormigón

Anexo50 - ELABORACIÓN DE CILINDROS Y VIGAS DE HORMIGÓN



Elaboración de cilindros y vigas de hormigón



Elaboración de cilindros y vigas de hormigón

Anexo51 - ROTURA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN



Prensa hidráulica



Colocación de la probeta para ensayo



Roturas de cilindros a compresión

Anexo52 - ROTURA A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN



Roturas de vigas a flexión



Roturas de vigas a flexión

Anexo53 - ROTURA A TRACCIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN



Roturas de cilindros a tracción

Anexo 54-ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO



Módulo elástico del hormigón



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 573:2010
Primera revisión

HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

Primera Edición

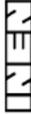
STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos para hormigón, contenido de arena, ensayo.

CO 02.10-301

CDU: 691.32:620.175
ICS: 91.100.30



CHU: 3659
CO 02.10-301

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.	NTE INEN 1 573:2010 Primera revisión 2010-06
1. OBJETO		
1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.		
2. ALCANCE		
2.1 Este método de ensayo se aplica a especímenes cilíndricos tales como cilindros moldeados y núcleos perforados de hormigón de cemento hidráulico, que tengan una densidad mayor que 800 kg/m ³ .		
2.2 Este método de ensayo se utiliza para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico, preparados y curados de acuerdo con las normas ASTM C 31, ASTM C 192, ASTM C 617, ASTM C 1 231, ASTM C 42 y ASTM C 873, mientras no existan normas INEN.		
2.3 Los resultados de este método de ensayo se utilizan como base para: control de calidad de la dosificación del hormigón, operaciones de mezclado y colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones, control para evaluación de la efectividad de aditivos y usos similares.		
3. DISPOSICIONES GENERALES		
3.1 Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de la determinación de la resistencia a la compresión con los procedimientos de este método de ensayo, puesto que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón elaborado con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, métodos de muestreo, moldeado o fabricación y de la edad, temperatura, y condiciones de humedad durante el curado.		
3.2 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo y no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.		
3.3 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.		
3.4 La persona que ensaye los cilindros para aceptación del hormigón, debe cumplir con los requisitos de técnico de laboratorio de hormigón de la norma ASTM C 1 077 y aprobar un examen que demuestre su desempeño, el cual es evaluado por un instituto superior o equivalente (ver nota 1).		
3.5 Advertencia. Se debe proveer de los medios para detener los fragmentos de hormigón durante la rotura explosiva de especímenes. La tendencia a una rotura explosiva se incrementa con el aumento de la resistencia del hormigón y es más probable cuando la máquina de ensayo es relativamente flexible. Se recomiendan las precauciones de seguridad dadas en el Manual of Aggregate and Concrete Testing de la ASTM.		

NOTA 1. Se puede cumplir con este requisito, con una certificación equivalente a la de Técnico de Resistencia de Hormigón del ACI.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno Es-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Resumen. Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen.

4.2 Equipos

4.2.1 Máquina de ensayo. La máquina de ensayo debe tener suficiente capacidad y disponer de las velocidades de carga descritas en el numeral 4.4.5.

4.2.1.1 Se debe verificar la calibración de las máquinas de ensayo, de acuerdo con la norma ASTM E 4, excepto en la verificación de rangos de carga requeridos en numeral 4.2.3. La verificación debe realizarse:

- Por lo menos una vez al año, sin exceder los 13 meses,
- En la instalación inicial o inmediatamente después de un traslado,
- Inmediatamente después de efectuar reparaciones o ajustes que afecten la operación del sistema de aplicación de fuerza o los valores mostrados en el sistema de indicación de carga, excepto en los ajustes a cero que es compensado por la masa de los bloques de carga o probetas, o ambos, o
- Cada vez que exista una razón para sospechar de la precisión de las cargas indicadas.

4.2.1.2 Diseño. El diseño de la máquina debe incluir las siguientes características:

- La máquina debe ser operada con energía eléctrica y debe aplicar la carga continuamente, no de forma intermitente y sin producir impacto. Si esta solo tiene una velocidad de carga (cumpliendo los requisitos del numeral 4.4.5), debe estar provista con un medio suplementario para aplicar la carga a una velocidad que pueda ser verificada. Este medio suplementario de carga puede ser operado con energía eléctrica o manualmente.
- El espacio provisto para los especímenes de ensayo debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en una posición que permita leer y operar, un equipo de calibración elástico que tenga suficiente capacidad para cubrir el rango de carga potencial de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E 74 (ver nota2).

4.2.1.3 Precisión. La precisión de la máquina de ensayo debe cumplir con las siguientes disposiciones:

- El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto para la máquina de ensayo, no debe exceder de $\pm 1,0\%$ de la carga indicada.
- Se debe verificar la precisión de la máquina de ensayo aplicando cinco ensayos de carga en orden ascendente, en cuatro incrementos aproximadamente iguales. La diferencia entre dos ensayos de carga sucesivos cualquiera, no debe exceder de un tercio de la diferencia entre las cargas de ensayos máxima y mínima.
- La carga indicada por la máquina de ensayo y la carga aplicada determinada a partir de las lecturas del equipo de verificación deben ser registradas en cada punto del ensayo. Calcular el error, E , y el porcentaje de error, E_p , para cada punto de la siguiente manera:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100 (A - B)/B$$

NOTA 2. Los tipos de equipo de calibración elásticos generalmente disponibles y más comúnmente utilizados para este propósito son los anillos circulares de calibración o las celdas de carga.

(Continúa)

Donde:

A = carga indicada por la máquina que es verificada (kN), y
B = la carga aplicada determinada por el equipo de calibración (kN)

d) El informe sobre la verificación de una máquina de ensayo debe establecer el rango de carga del cual cumple con los requisitos de la norma, en lugar de informar una aceptación o un rechazo generales. En ningún caso se debe declarar el rango de carga incluyendo cargas por debajo del valor 100 veces más pequeño que la carga estimable en el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de la porción del rango por debajo del 10% de la capacidad máxima del rango.

e) En ningún caso debe ser declarado el rango de carga incluyendo cargas fuera del rango de las cargas aplicadas durante el ensayo de verificación.

f) No se debe corregir la carga indicada por una máquina de ensayo ni por cálculos ni por el uso de un diagrama de calibración para obtener valores dentro de la variación admisible requerida.

4.2.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga de acero con caras endurecidas (ver nota 3), uno de los cuales es un bloque esférico que se apoya sobre la superficie superior del espécimen y el otro es un bloque sólido sobre el cual se asienta el espécimen. Las caras de contacto de los bloques de carga deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto para los círculos concéntricos descritos abajo, las caras de apoyo de los bloques con diámetro de 150 mm o mayor, no deben desviarse de la condición de plano por más de 0,02 mm a lo largo de los 150 mm o por más de 0,02 mm en el diámetro de cualquier bloque más pequeño y los bloques nuevos deben ser fabricados con la mitad de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara del bloque de carga esférico excede el diámetro del espécimen por más de 13 mm, deben estar inscritos círculos concéntricos de no más de 0,8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho, para facilitar un centrado adecuado.

4.2.2.1 Los bloques de carga inferior deben cumplir los siguientes requisitos:

a) El bloque de carga inferior está especificado con el objetivo de proveer una superficie que se la pueda maquinarse fácilmente para realizar el mantenimiento de las condiciones de superficie especificadas (ver nota 4). Las superficies superior e inferior deben ser paralelas entre sí. Si la máquina de ensayo está diseñada de manera que la platina se mantenga fácilmente por sí sola en la condición especificada para la superficie, no se requiere un bloque inferior. Su dimensión horizontal mínima debe ser por lo menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Los círculos concéntricos descritos en el numeral 4.2.2 son opcionales en el bloque inferior.

b) El centrado final del espécimen debe ser realizado con respecto al bloque esférico superior. Cuando se utiliza el bloque de carga inferior para ayudar en el centrado, el centro de los círculos concéntricos, cuando existan, o el centro del bloque en sí mismo debe estar directamente debajo del centro de la cabeza esférica. Se deben tomar precauciones respecto a la platina de la máquina para asegurar tal posición.

c) El bloque de carga inferior, cuando es nuevo, debe tener un espesor de al menos 25 mm y después de cualquier operación de maquinado, un espesor de al menos 22,5 mm.

4.2.2.2 El bloque de carga esférico debe cumplir los siguientes requisitos:

a) El diámetro máximo de la cara de contacto del bloque esférico de carga suspendido no debe exceder los valores de la tabla 1 (ver nota 5).

NOTA 3. Es conveniente que las caras de carga de los bloques utilizados para el ensayo de compresión del hormigón, poseen una dureza Rockwell mayor o igual a HRC 55.

NOTA 4. El bloque puede ser asegurado a la platina de la máquina de ensayo.

NOTA 5. Se permiten las caras de contacto cuadradas, si el diámetro del círculo inscrito más grande posible no excede los diámetros de la tabla 1.

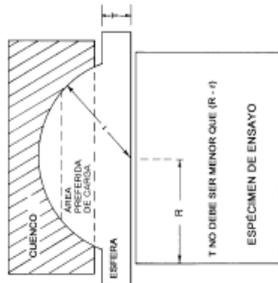
(Continúa)

TABLA 1. Diámetro máximo de la cara de contacto del bloque de carga esférico

Diámetro de los especímenes de ensayo (mm)	Diámetro máximo de la cara de contacto (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

- b) El centro de la esfera debe coincidir con la superficie de la cara de contacto dentro de una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la esfera. El diámetro de la esfera debe ser al menos el 75% del diámetro del espécimen a ser ensayado.
- c) La esfera y el cuenco deben ser diseñados de tal manera que el acero, en el área de contacto, no los deformen permanentemente cuando sea cargada a la capacidad de la máquina de ensayo (ver nota 6).
- d) Las superficies curvas del cuenco y de la parte esférica, se deben mantener limpias y lubricadas con un aceite en base de petróleo como el aceite convencional para motores y no con grasa de presión. No es conveniente que después del contacto con el espécimen y de la aplicación de una pequeña carga inicial, exista una inclinación en el bloque de carga esférico.
- e) Si el radio de la esfera es más pequeño que el radio del espécimen más grande a ser ensayado, la parte de la cara de contacto que se extiende más allá de la esfera debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La dimensión mínima de la cara de contacto debe ser al menos tan grande como el diámetro de la esfera (ver figura 1).

FIGURA 1. Gráfico de un bloque de carga esférico típico



NOTA 6. Se deben tomar precauciones para mantener la esfera en el cuenco y para mantener la unidad entera en la máquina de ensayo.

- f) La parte móvil del bloque de carga, se debe mantener ajustada al apoyo esférico, pero el diseño debe ser tal que la cara de contacto pueda rotar libremente e inclinarse al menos 4° en cualquier dirección.

NOTA 7. El área de contacto más favorable es en forma de arco (descrita como área de "carga" preferida) como se muestra en la figura 1.

- g) Si la parte del bloque de carga superior donde va la esfera esta diseñada con dos piezas, compuesto de una parte esférica y una placa de carga, este debe estar provisto de un mecanismo que asegure que la parte esférica este fija y centrada sobre la placa de carga.

4.2.3 Indicador de carga:

4.2.3.1 Si la carga aplicada por la máquina de compresión es registrada en un dial, el dial debe tener una escala graduada que pueda ser leída al menos, al 0.1%, mas cercano de la carga total de la escala (ver nota 7). El dial debe ser legible dentro del 1% de la carga indicada a cualquier nivel de carga dada, dentro del rango de carga. En ningún caso, el rango de cargas de un dial debe ser considerado para incluir cargas bajo un valor 100 veces el mas pequeño cambio de carga que pueda ser leído en la escala. La escala debe estar provista con una línea de graduación que señale el cero y así numerada. El puntero del dial debe ser de suficiente longitud para alcanzar las marcas de graduación; el ancho del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones mas pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un ajuste a cero que sea fácilmente accesible desde el exterior de la caja del dial y con un dispositivo adecuado que en todo momento, hasta que sea encerado, indique la carga máxima aplicada al espécimen con una precisión dentro del 1%.

4.2.3.2 Si la carga de la máquina de ensayo es indicada en forma digital, el visor numérico debe ser lo suficientemente grande para ser leído fácilmente. El incremento numérico debe ser igual o menor que el 0.10% de la carga total de la escala de un rango de cargas dado. En ningún caso, el rango de cargas verificado debe incluir cargas menores que el menor incremento numérico multiplicado por 100. La precisión de la carga indicada debe estar dentro del 1.0% de cualquier valor visualizado dentro del rango de carga verificado. Se debe tomar precauciones para hacer los ajustes que indiquen el verdadero cero a una carga cero. Debe estar provisto de un indicador de carga máxima que en todo momento, hasta que sea encerado, indique la carga máxima aplicada al espécimen dentro del 1% de la precisión del sistema.

4.3 Especímenes

4.3.1 Los especímenes no deben ser ensayados si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en mas del 2% (ver nota 8).

4.3.2 Antes de ser ensayados, ningún extremo de los especímenes de ensayo debe apartarse de la perpendicularidad a los ejes en mas de 0.5° (aproximadamente equivalente 1 mm en 100 mm). Los extremos de los especímenes para ensayo de compresión que no estén planos dentro de 0.050 mm deben ser cortados o limados para cumplir esta tolerancia o se deben refrentar con monero de azufre de acuerdo con la norma ASTM C 617 o, cuando se permita, con la norma ASTM C 1231. El diámetro utilizado para calcular el área de la sección transversal del espécimen de ensayo debe determinarse con una aproximación de 0.25 mm promediando dos diámetros medidos alrededor de la altura media del espécimen y que formen angulos rectos entre si.

4.3.3 Se permite reducir el número de cilindros individuales medidos para determinación del diámetro promedio, a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por dia, el que sea mayor, si se conoce que todos los cilindros han sido fabricados de un solo lote de moldes reusables o moldes para un solo uso, que siempre producen especímenes de diámetros promedio dentro de un rango de 0.5 mm. Cuando los diámetros promedio no caen dentro del rango de 0.5 mm o cuando los cilindros no están fabricados de un solo lote de moldes, el diámetro de cada cilindro ensayado debe ser medido y este valor utilizado en el calculo de la resistencia a la compresión unitaria de ese espécimen.

NOTA 7. Se considera que lo más preciso que se puede leer es 0.5 mm a lo largo del arco descrito por el extremo de la aguja, atribuido a la carga que se puede leer razonablemente, cuando el espaciamiento del mecanismo indicador de carga está dentro de 2 mm. El ancho del puntero debe ser de 1 mm y el espaciamiento entre las graduaciones en un intervalo de carga puede ser leído con razonable certeza. Cuando el espaciamiento es 3 mm o más, un cuarto del intervalo de carga puede ser leído con razonable certeza.

NOTA 8. Esto puede ocurrir cuando los moldes que son para un solo uso se dañan o deforman durante el envío, cuando los moldes flexibles que son para un solo uso se deforman durante el moldeo o cuando un extractor de núcleos se desliza o desvía durante la perforación.

4.4.3.4 Si el usuario de los servicios de ensayo solicita la medición de la densidad de los especímenes de ensayo, se debe retirar cualquier humedad superficial mediante una toalla para luego determinar la masa de los especímenes antes del refrentado. Determinar la masa del espécimen utilizando una balanza que tenga una precisión dentro del 0,3% de la masa que está siendo medida. Medir la longitud del espécimen con una precisión de 1 mm en tres posiciones espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia. Calcular la longitud promedio y registrarla con una precisión de 1 mm. Alternativamente, determinar la densidad del cilindro registrando la masa del cilindro en el aire y luego, sumergido en el agua a 23,0 °C ± 2,0 °C y calcular el volumen de acuerdo al numeral 4.5.3.1.

4.4.3.5 Cuando no se requiere la determinación de la densidad y la relación de la longitud al diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2, medir la longitud del espécimen con una aproximación de 0,05 D.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Se deben realizar los ensayos de compresión de especímenes curados en humedo, tan pronto como sea posible luego de extraerlos del almacenamiento humedo.

4.4.2 Los especímenes deben ser ensayados en condición humeda. Se deben mantener húmedos utilizando cualquier método conveniente durante el período comprendido entre la remoción del almacenamiento humedo y el ensayo.

4.4.3 Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada, deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, señaladas en la tabla 2.

TABLA 2. Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± 0,5 h o 2,1%
3 días	2 horas o 2,8%
7 días	6 horas o 3,6%
28 días	20 horas o 3,0%
90 días	2 días o 2,2%

4.4.4 Colocación del espécimen. Colocar el bloque de carga plano (inferior) con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente bajo el bloque de carga esférico (superior). Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y del espécimen de ensayo y colocar el espécimen de ensayo sobre el bloque de carga inferior. Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro de carga del bloque de carga esférico.

4.4.4.1 Verificación del ajuste a cero y asentamiento del bloque. Previo al ensayo del espécimen, verificar que el indicador de carga esté ajustado a cero. En los casos en los que el indicador no está adecuadamente colocado en cero, ajustar el indicador (ver nota 9). Puesto que se lleva el bloque de carga esférico hasta apoyar sobre el espécimen, girar con la mano y suavemente su parte móvil de tal modo de obtener un asentamiento uniforme.

4.4.4.5 Velocidad de carga. Aplicar la carga continuamente y sin impacto.

4.4.5.1 La carga debe ser aplicada a una velocidad de movimiento (medida desde la platina a la cruzeta) correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de 0,25 ± 0,05 MPa/s (ver nota 10). Se debe mantener la velocidad de movimiento señalada al menos durante la última mitad de la fase de la carga esperada.

NOTA 9. La técnica utilizada para verificar y ajustar el indicador de carga a cero puede variar dependiendo del fabricante de la máquina. Consultar el manual del propietario o al calibrador de la máquina de compresión para una técnica adecuada.

NOTA 10. Para una máquina de ensayo milimétrica o de desplazamiento controlado, será necesario un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida para lograr la velocidad de esfuerzo especificada. La velocidad de movimiento requerida dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, del módulo elástico del hormigón y de la rigidez de la máquina de ensayo.

(Continúa)

4.4.5.2 Se permite una velocidad de carga mayor durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga esperada. La velocidad de carga mayor debe ser aplicada de manera controlada de modo tal que el espécimen no esté sometido a una carga de impacto.

4.4.5.3 No se debe hacer ajustes en la velocidad de movimiento (desde la platina a la cruzeta) cuando la carga última está siendo alcanzada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fisuración en el espécimen.

4.4.6 Aplicar la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que está decreciendo constantemente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido (Tipos 1 a 4 en la figura 2 del Anexo A). Para una máquina de ensayo equipada con un detector de rotura de espécimen, no se permite el apagado automático de la máquina de ensayo hasta que la carga haya decrecido hasta un valor menor al 95% de la carga máxima. Cuando se ensaya con cabezales con almohadillas no adherentes (neoprenos), puede ocurrir una fractura en la esquina, similar a los modelos tipo 5 o 6 mostrados en la figura 2 del Anexo A, antes que se haya alcanzado la capacidad última del espécimen, en estos casos se debe continuar comprimiendo el espécimen hasta que el laboratorista este seguro de que se ha alcanzado la capacidad última. Registrar la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo y anotar el tipo de modelo de fractura de acuerdo a la figura 2 del Anexo A. Si el modelo de fractura no es uno de los modelos típicos mostrados en la figura 2 del Anexo A, dibujar y describir brevemente el modelo de fractura. Si la resistencia obtenida es menor de lo esperado, examinar el hormigón fracturado y anotar la presencia de grandes cavidades de aire, evidencia de segregación, comprobar si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de árido grueso y verificar si la preparación de los extremos del cilindro fue realizada de acuerdo con las normas ASTM C 617 o ASTM C 1 231.

4.5 Cálculos

4.5.1 Calcular la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, para el promedio del área de la sección transversal, determinada como se describe en el numeral 4.3 y expresar el resultado con una aproximación a 0,1 MPa.

4.5.2 Si la relación de la longitud al diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corregir el resultado obtenido en el numeral 4.5.1 multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la tabla 3 (ver nota 11).

TABLA 3. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del espécimen

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

4.5.2.1 Para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla 3, se debe interpolar.

4.5.3 Cuando se ha solicitado, calcular la densidad del espécimen con una aproximación de 10 kg/m³, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \quad (2)$$

Donde:

W = Masa del espécimen en kg, y
V = Volumen del espécimen, calculado a partir del diámetro promedio y la longitud promedio, o determinado mediante la obtención de su masa al aire y sumergido, en m³.

NOTA 11. Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como condiciones de humedad, resistencia y módulo de elasticidad. En la tabla se dan los valores promedio. Estos factores de corrección se aplican al hormigón de baja resistencia (menor que 42 MPa). Para hormigón de alta resistencia (mayor que 42 MPa) se debe utilizar un factor de corrección de 1,00. El factor de corrección para la carga y para resistencias nominales del hormigón en un rango de 14 MPa a 42 MPa. Para resistencias mayores a 42 MPa los factores de corrección pueden ser mayores que los valores mostrados en la tabla. Revisar Bartlett, F.M. y MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength", ACI Materials Journal, Vol 91, N° 4, Julio-Agosto, 1994, páginas: 339-348.

4.5.3.1 Cuando el volumen sea determinado mediante la obtención de su masa sumergida, calcular el volumen de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - W_s}{Y_w} \quad (3)$$

Donde:

W_s = Masa aparente del espécimen sumergido, en kg, y
 Y_w = Densidad del agua a 23 °C = 997,5 kg/m³.

4.6 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Laboratorio y fecha de ensayo,
- Número de identificación,
- Dámetro (y longitud, si se encuentra fuera del rango de 1,8 D a 2,2 D), en milímetros,
- Área de la sección transversal, en milímetros cuadrados,
- Carga máxima, en kilonewtons,
- Resistencia a la compresión calculada con una aproximación de 0,1 MPa,
- Tipo de fractura, si es diferente que el como habitual (ver figura 2 del Anexo A),
- Defectos en cada espécimen o refrentado,
- Edad del espécimen, y
- Densidad, cuando se lo determine, con una aproximación de 10 kg/m³.
- Observaciones: señalar responsabilidades sobre los procedimientos de muestreo, transporte y curado de especímenes, además de cualquier variación a los procedimientos señalados en esta norma.

4.7 Precisión y desviación

4.7.1 Precisión.

4.7.1.1 Precisión dentro del ensayo. La tabla 4 proporciona la precisión dentro del ensayo en ensayos de cilindros de 150 mm por 300 mm y de 100 mm por 200 mm moldeados de una muestra de hormigón correctamente mezclada en condiciones de laboratorio y en condiciones de campo (ver el numeral 4.7.1.2).

TABLA 4. Precisión dentro del ensayo

	Coeficiente de variación (ver nota 12)	Rango aceptable de variación de resistencia de cilindros individuales (ver nota 12)	
		2 cilindros	3 cilindros
Cilindros de 150 por 300 mm	2,4% 2,9%	6,6% 8,0%	7,8% 9,5%
Condiciones de laboratorio			
Cilindros de 100 por 200 mm	3,2%	9,0%	10,6%
Condiciones de laboratorio			

NOTA 12 Estos números representan respectivamente los límites (1σ) y (2σ), como se describen en la norma ASTM C 670.

(Continúa)

4.7.1.2 El coeficiente de variación dentro del ensayo representa la variación esperada de la resistencia medida de los cilindros comparados con la misma muestra de hormigón y ensayados por un laboratorio a la misma edad. Los valores dados para el coeficiente de variación dentro del ensayo de cilindros de 150 mm por 300 mm son aplicables para resistencias a compresión en un rango de 15 MPa a 55 MPa y para los cilindros de 100 mm por 200 mm son aplicables para resistencias a compresión en un rango de 17 MPa a 32 MPa. Los coeficientes de variación dentro del ensayo para cilindros de 150 mm por 300 mm se obtienen de los datos del CCRL (Concrete Proficiency Sample Data), para condiciones de laboratorio y una compilación de 1 265 informes de ensayos de 225 laboratorios de ensayos comerciales en 1978 (ver nota 13). El coeficiente de variación dentro del ensayo para cilindros de 100 mm por 200 mm se obtienen de los datos del CCRL (Concrete Proficiency Sample Data), para condiciones de laboratorio (ver nota 14).

4.7.1.3 Precisión multilaboratorio. Se ha encontrado que el coeficiente de variación multilaboratorio para los resultados de ensayo de resistencia a la compresión en cilindros de 150 mm por 300 mm es de 5,0% (ver nota 12); por lo tanto, los resultados de los ensayos apropiadamente realizados por dos laboratorios en especímenes preparados de la misma muestra de hormigón, no deben diferir en más del 14% (ver nota 12) del promedio. (ver nota 15). El resultado de un ensayo de resistencia es el promedio de dos cilindros ensayados a la misma edad.

4.7.1.4 Los datos multilaboratorio fueron obtenidos de seis ensayos de resistencia separados, organizados a través de programas de todos contra todos (ver nota 14) donde los especímenes cilindros de 150 mm por 300 mm fueron preparados en una sola ubicación y ensayados por diferentes laboratorios. El rango de resistencia promedio de estos programas fue de 17,0 MPa a 90 MPa.

4.7.2 Desviación. Dado que no hay un material de referencia aceptado, no se hace ninguna declaración de desviación.

NOTA 13 Los datos de apoyo han sido archivados en las oficinas de ASTM Internacional y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: C09-1006.

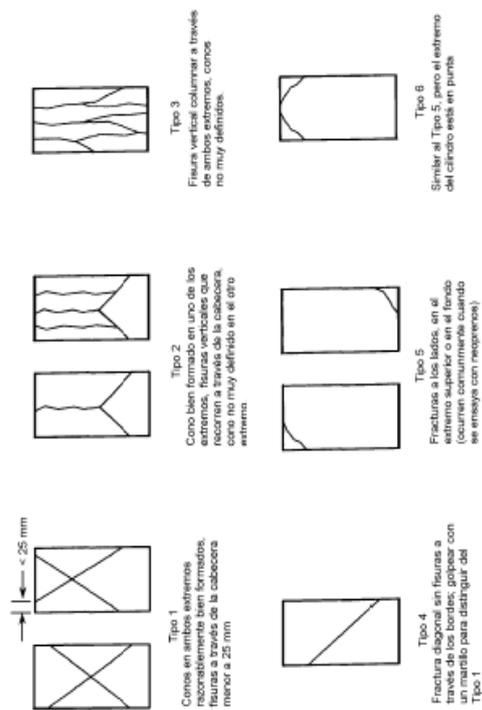
NOTA 14 Los datos de apoyo han sido archivados en las oficinas de ASTM Internacional y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: C09-1027.

NOTA 15 La precisión multilaboratorio no incluye variaciones asociadas con diferentes laboratorios que preparan especímenes de muestras de hormigón o métodos de ensayo independientes. Es posible que estas variaciones incrementen el coeficiente de variación multilaboratorio.

(Continúa)

ANEXO A
(Información obligatoria)

FIGURA 2. Esquema de los modelos típicos de fractura



APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

- Norma ASTM C 31 Práctica para hacer y curar especímenes de ensayo de hormigón en el campo.
- Norma ASTM C 42 Método de ensayo para obtener y ensayar núcleos calados y vigas aserradas de hormigón.
- Norma ASTM C 192 Práctica para hacer y curar especímenes de ensayo de hormigón en el laboratorio.
- Norma ASTM C 817 Práctica para refrentar especímenes cilíndricos de hormigón.
- Norma ASTM C 870 Método de ensayo para materiales de construcción.
- Norma ASTM C 873 Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón tomados en la obra en moldes cilíndricos.
- Norma ASTM C 1077 Práctica para laboratorios de ensayo de hormigón y áridos para hormigón para uso en la construcción y criterios para la evaluación de laboratorios.
- Norma ASTM C 1231 Práctica para uso de cabezales no adherentes en la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón endurecido.
- Norma ASTM E 4 Prácticas para la verificación de la presión en máquinas de ensayo.
- Norma ASTM E 74 Práctica para la calibración de los instrumentos que miden la presión para verificar el indicador de presión en las máquinas de ensayo.

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 39 – 05. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2005.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2554:2011

HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN. (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS).

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE (USING SIMPLE BEAM WITH THIRD-POINT LOADING).

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón, y productos de hormigón, ensayos, resistencia a la flexión.
CO.02.10.330
COD: 666.972.620.174

COU: 666.972.620.174
ICS: 91.100.30



CUIL: 9696
CO.02.10.330

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN. (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS)	NTE INEN 2554:2011-05
--------------------------------------	--	-----------------------

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón mediante el uso de una viga simple apoyada en los extremos y cargada en los tercios de la luz libre.

2. ALCANCE

2.1 Este método de ensayo se utiliza para determinar la resistencia a la flexión de los especímenes de hormigón preparados y curados de acuerdo con las normas ASTM C 42, ASTM C 31 o ASTM C 192. Los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura. La resistencia determinada puede variar si existen diferencias en: el tamaño del espécimen, preparación, condiciones de humedad, curado o el lugar donde la viga ha sido moldeada o cortada al tamaño apropiado.

2.2 Los resultados de este método de ensayo pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones o como base para la dosificación, mezcla y en las operaciones de colocación. Este ensayo se utiliza en las pruebas del hormigón para la construcción de losas y pavimentos.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

4. MÉTODO DE ENSAYO

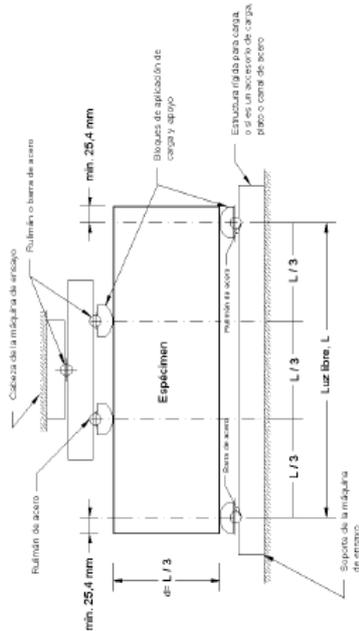
4.1 **Resumen.** Una viga de hormigón simple apoyada libremente en los extremos es cargada en los tercios de la luz libre hasta que ocurra la rotura del espécimen. La carga aplicada es continua, sin impacto a una velocidad constante. La resistencia a la flexión se determina por medio del módulo de rotura según las expresiones que se indican en esta norma.

4.2 Equipos

4.2.1 La máquina de ensayo debe cumplir con los requisitos de las secciones referidas a la verificación, correcciones y factos entre verificaciones de la norma ASTM E 4. No se permiten las máquinas de ensayo operadas manualmente que tienen bombas que no proporcionan una carga continua de un solo movimiento. Están permitidas bombas a motor o bombas de desplazamiento positivo operadas manualmente que tengan capacidad suficiente en un movimiento continuo para completar el ensayo sin necesidad de recarga y deben ser capaces de aplicar cargas a una velocidad uniforme, sin golpes o interrupciones.

4.2.2 **Aparatos de carga.** El método de la carga en los tercios de la luz libre se utiliza para realizar ensayos de flexión del hormigón, empleando bloques de carga, los cuales aseguran que las fuerzas aplicadas a la viga sean perpendiculares a la cara del espécimen y aplicadas sin excentricidad. Un diagrama de un aparato que cumple este propósito se muestra en la figura 1.

FIGURA 1. Esquema de un aparato apropiado para ensayos de flexión en el hormigón, por el método de la carga en los tercios de la luz libre (ver nota 1).



4.2.2.1 Todos los aparatos para realizar ensayos de flexión al hormigón deben ser capaces de mantener constante la longitud de la luz libre especificada y las distancias entre los bloques de aplicación de carga y los bloques de apoyo dentro de $\pm 1,3$ mm.

4.2.2.2 La relación de la distancia horizontal medida desde el punto de aplicación de la carga y el punto de aplicación de la reacción más cercana, con respecto a la altura de la viga debe ser de $1,0 \pm 0,03$.

4.2.2.3 Si se utiliza un aparato similar a la que se ilustra en la figura 1, se debe tener en cuenta lo siguiente: los bloques de aplicación de carga y de apoyo no deben tener una altura mayor a 64 mm, medidos desde el centro o el eje de pivote y deben cubrir el ancho completo del espécimen o ser mayor que este. Cada superficie endurecida de aplicación de carga que esté en contacto con el espécimen no debe separarse de la condición de plano por más de 0,05 mm y debe ser una porción de un cilindro, cuyo eje coincide, ya sea con el eje de la barra o el centro de la esfera de acero, alrededor del cual el bloque está articulado. El ángulo formado por la superficie curva de cada bloque debe ser de al menos 45° (0,79 radianes). Los bloques de aplicación de carga y de apoyo deben mantenerse en posición vertical y deben estar en contacto con la barra o con la esfera de acero por medio de un sistema de tornillos con resortes que aseguren la unión de los bloques con el pivote de la barra o esfera de acero. Se puede omitir la placa superior de carga y la esfera de acero en el punto central de la figura 1, cuando se utilice un bloque de carga de cojinetes esféricos, a condición de que se utilicen una barra y una esfera de acero como pivotes para los bloques superiores de aplicación de la carga.

4.3 Ensayos

4.3.1 Los especímenes de ensayo deben cumplir los requisitos de las normas ASTM C 42 o ASTM C 31 o ASTM C 192, la que sea aplicable a la viga y la luz libre entre los apoyos debe estar dentro del 2% con relación a tres veces su altura, como se la ensaya. Los lados del espécimen deben formar ángulo recto con la parte superior e inferior. Todas las superficies deben estar lisas y libres de marcas, desportilladuras, agujeros o marcas de identificación impresas.

NOTA 1. Se puede usar este aparato, invertido. Si la máquina de ensayo aplica la fuerza por medio de una cabeza de asiento esférica, se puede omitir el centro del pivote, siempre que un bloque pivote de aplicación de carga esté sobre una barra y el otro sobre una esfera de acero.

(Continúa)

4.3.2 La persona que ensaye las vigas para aceptación del hormigón, debe cumplir con los requisitos de técnico de laboratorio de hormigón de la norma ASTM C 1077, y haber aprobado un examen que demuestre su desempeño, el cual es evaluado por un instituto superior o equivalente (ver nota 2).

4.4 Procedimiento

4.4.1 Los ensayos a flexión deben ser realizados tan pronto como sea posible luego de extraerlos del almacenamiento húmedo. Los especímenes con las superficies secas presentan una reducción en la resistencia a la flexión.

4.4.2 Cuando se utilicen especímenes moldeados, girar el espécimen de ensayo sobre un lado con respecto a su posición como fue moldeado y centrarlo en los bloques de apoyo. Cuando se utilicen especímenes cortados, colocar el espécimen de manera que la cara de tracción correspondiente a la parte superior o inferior del espécimen, respecto a como se lo cortó del material original. Centrar el sistema de carga respecto a la fuerza aplicada. Llevar los bloques de aplicación de carga, al contacto con la superficie del espécimen en los tercios de la luz libre y aplicar una carga de entre el 3% y el 6% de la carga final estimada. Utilizando calibradores de lámina de 0,10 mm y 0,38 mm, determinar si alguna holgura entre el espécimen y los bloques de aplicación de carga o de apoyo es mayor o menor que cada uno de los calibradores en una longitud de 25 mm o más. Limar, refrentar o usar calzas de cuero en la superficie de contacto del espécimen para eliminar cualquier diferencia mayor a 0,10 mm. Las calzas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6,4 mm, un ancho de 25 mm a 50 mm y deben extenderse a todo el ancho del espécimen. Holguras mayores de 0,38 mm deben ser eliminadas solamente por refrentado o limado. Se debe minimizar el limado de superficies laterales puesto que esto puede cambiar las características físicas de los especímenes. El refrentado se lo debe hacer de conformidad con las secciones aplicables de la norma ASTM C 617.

4.4.3 Aplicar carga al espécimen continuamente y sin impacto. La carga debe ser aplicada a una velocidad constante hasta el punto de rotura. Aplicar la carga a una velocidad tal que aumente constantemente el esfuerzo máximo sobre la cara de tracción entre 0,86 MPa/min y 1,21 MPa/min, hasta que se produzca la rotura. La velocidad de carga se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$r = Sbd^3/PL \quad (1)$$

Donde:

- r = velocidad de carga, en N/min,
- S = velocidad del incremento del esfuerzo máximo sobre la cara de tracción, en MPa/min,
- b = promedio del ancho del espécimen, según la orientación en el ensayo, en mm,
- d = promedio de la altura del espécimen, según la orientación en el ensayo, en mm,
- L = luz libre de la viga, en mm.

4.5 Medición del espécimen luego del ensayo. Para determinar las dimensiones de la sección transversal del espécimen, para el cálculo de módulo de rotura, tomar medidas a través de una de las caras fracturadas luego del ensayo. El ancho y la altura se miden según la manera de orientación del espécimen en el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Utilizar las tres medidas en cada sentido, para determinar los valores promedio de ancho y alto. Tomar todas las medidas con una aproximación de 1 mm. Si la fractura se produce en una sección refrentada, incluir el espesor del refrentado en la medición.

4.6 Cálculos

4.6.1 Si la fractura se produce en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre, calcular el módulo de rotura de la siguiente manera (ver nota 3):

$$R = PL/bd^2 \quad (2)$$

NOTA 2. Se puede cumplir con este requisito, con una certificación equivalente a la de Técnico de Resistencia de Hormigón del ACI.

NOTA 3. Para el cálculo, no se incluye la masa de la viga.

(Continúa)

Donde:

P = módulo de rotura, en MPa,
P = carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, en N,
L = Luz libre, en mm,
b = promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en mm,
d = promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en mm.

4.6.2 Si la fractura se produce en la superficie de tracción fuera del tercio medio de la luz libre, pero no mas alla del 5% de la luz libre, calcular el módulo de rotura de la siguiente manera (ver nota 3):

$$R = 3Pa/bd^2 \quad (3)$$

Donde:

a = distancia media entre la línea de fractura y el apoyo mas cercano medido en la superficie de la tracción de la viga, en mm

4.6.3 Si la fractura se produce en la superficie de tracción fuera del tercio medio de la luz libre, en mas de un 5% de la luz libre, desechar los resultados del ensayo.

4.7 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Laboratorio y fecha de ensayo,
- Nombre del laboratorista,
- Numero de identificación del espécimen,
- Promedio del ancho en la fractura, con una aproximación de 1 mm,
- Promedio de la altura en la fractura, con una aproximación de 1 mm,
- Luz libre de la viga, en mm,
- Carga máxima aplicada, en N,
- Módulo de rotura calculado, con una aproximación de 0,05 MPa,
- Historial de curado y condiciones de humedad aparente del espécimen al momento del ensayo,
- Si el espécimen fue refrentado, limado o si se ha utilizado calzas de cuero,
- Si el espécimen ha sido cortado o moldeado y los defectos encontrados,
- Edad del espécimen, y
- Observaciones: señalar responsabilidades sobre los procedimientos de muestreo, transporte y curado de especímenes, además de cualquier variación a los procedimientos señalados en esta norma.

4.8 Precisión y desviación

4.8.1 Precisión. Se ha observado que el coeficiente de variación de los resultados del ensayo, depende del nivel de resistencia de la viga (ver nota 4). Se ha encontrado que el coeficiente de variación para un solo operador es del 5,7%. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador en vigas moldeadas de una misma amasada, no deben diferir entre si en mas del 16%. Se ha encontrado que el coeficiente de variación multilaboratorio es del 7%. Por lo tanto, los resultados de dos laboratorios diferentes en vigas moldeadas de una misma amasada, no deben diferir entre si en mas del 19%.

4.8.2 Desviación. Puesto que no hay un material normalizado aceptado, para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

NOTA 4. Para una posible guía en relación a la resistencia y variabilidad, ver "Improved Concrete Quality Control Procedures Using Third Point Loading" de P. M. Carrasquillo y R. L. Carrasquillo, Research Report 119-1F, Project 3-9-87-1119, Center For Transportation Research, The University of Texas at Austin, Noviembre 1987.

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma ASTM C 31	Práctica para elaborar y curar especímenes de ensayo de hormigón en el campo.
Norma ASTM C 42	Método de ensayo para obtener y ensayar núcleos calados y vigas aserradas de hormigón.
Norma ASTM C 192	Práctica para elaborar y curar especímenes de ensayo de hormigón en el laboratorio.
Norma ASTM C 617	Práctica para refrentar especímenes cilíndricos de hormigón.
Norma ASTM C 1077	Práctica para laboratorios de ensayo de hormigón y ardos para hormigón para uso en la construcción y criterios para la evaluación de laboratorios.
Norma ASTM E 4	Prácticas para la verificación de la presión en máquinas de ensayo.

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 78 – 09. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2009.

**NORMA
TÉCNICA
GUATEMALTECA**

COGUANOR
NTG 41017-h15

Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto.

Esta norma es esencialmente equivalente a la norma ASTM C459-04 la cual fue revisada con el conocimiento y experiencia de los integrantes del CTN de Concreto.

Adoptada Consejo Nacional de Normalización:



Edificio Centro Nacional de Metrología Referencia
Callezada Atanasio Azul 27-32, zona 12
Teléfonos: (502) 2247-2600
Fax: (502) 2247-2687

Comisión Guatemalteca de Normas
Ministerio de Economía

www.mineco.gob.gt
info-coguanor@mail.mineco.gob.gt

Índice

	Página
1 Objeto.....	3
2 Documentos citados.....	3
3 Resumen del Método de Ensayo.....	3
4 Significado y Utilización.....	4
5 Aparatos.....	4
6 Especímenes de Ensayo.....	4
7 Procedimiento.....	5
8 Cálculos.....	10
9 Informe.....	10
10 Precisión y Sesgo.....	11
11 Descriptores.....	11

1. OBJETO

1.1 Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados.

1.2 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados separadamente como estándares. Las unidades pulgada-libra se muestran entre paréntesis. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.

1.3 Esta norma no pretende cubrir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras locales, antes de su utilización.

1.4 El texto de esta especificación cita notas que proveen material explicativo. Estas notas no deben ser consideradas como requisitos de la norma.

2. DOCUMENTOS CITADOS

2.1 Normas ASTM¹

C 31/C 31M	Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra.
C 39/C 39M	Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
C 42/C 42M	Método de ensayo. Obtención y ensayo de núcleos perforados y vigas aserradas de concreto.
C 192/C 192M	Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en el laboratorio.
C 670	Práctica para la preparación de enunciados sobre precisión y sesgo de los métodos de ensayo para materiales de construcción.

3. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

3.1 Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a lo largo de la longitud del espécimen cilíndrico de concreto a una velocidad que está dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla. Esta carga induce esfuerzos de tracción sobre el plano que contiene la carga aplicada y esfuerzos de compresión relativamente altos en el área inmediatamente alrededor

de la carga aplicada. Ocurre más bien la falla por tracción, en vez de la falla por compresión porque las áreas de aplicación de carga están en un estado de compresión triaxial, permitiendo de ese modo soportar esfuerzos de compresión mucho más altos que los que estarían indicados por un resultado de ensayo de resistencia a la compresión uniaxial.

3.2 Para distribuir la carga a lo largo de la longitud del cilindro, se utilizan listones de apoyo finos, de madera prensada.

3.3 La máxima carga sustentada por el espécimen es dividida por factores geométricos apropiados para obtener la resistencia a la tracción indirecta.

4. SIGNIFICADO Y UTILIZACIÓN

4.1 La resistencia a la tracción indirecta es generalmente mayor que la resistencia a la tracción directa y menor que la resistencia a la flexión (Módulo de ruptura).

4.2 La resistencia a la tracción indirecta es utilizada en el diseño de elementos de concreto estructural liviano para evaluar la resistencia al cortante, provista por el concreto y para determinar la longitud de desarrollo del esfuerzo.

5. APARATOS

5.1 **Máquina de Ensayo** – La máquina de ensayo debe cumplir con los requisitos del Método de Ensayo C 39/C 39M y debe ser de un tipo de capacidad suficiente para proveer la velocidad de carga prescrita en 7.5.

5.2 **Barra o Placa de Apoyo Suplementaria** – Si el diámetro o la dimensión mayor de la cara del apoyo superior o del bloque de apoyo inferior es menor que la longitud del cilindro a ser ensayado, se debe utilizar una barra o placa de apoyo suplementaria. Las superficies de la barra o placa deben ser fresadas planas dentro de ± 0.025 mm (0.001 pulg.), medidos en cualquier línea de contacto del área de apoyo. Debe tener un ancho de al menos 50 mm (2 pulg.), y un espesor no menor a la distancia desde el borde del bloque de apoyo esférico o rectangular hasta el extremo del cilindro. La barra o placa debe ser utilizada de manera tal que la carga sea aplicada sobre toda la longitud del espécimen.

5.3 **Listones de Apoyo** – Dos listones de apoyo de madera prensada de 3.2 mm (1/8 pulg.) de espesor nominal, libre de imperfecciones, de aproximadamente 25 mm (1 pulg.) de ancho, y de una longitud igual o ligeramente mayor a la del espécimen, deben ser provistos para cada espécimen. Los listones de apoyo deben ser colocados entre el espécimen y ambos bloques de apoyo, superior e inferior, de la máquina de ensayo o entre el espécimen y las barras o placas suplementarias, cuando se utilicen (Vea 5.2). Los listones de apoyo no deben ser reutilizados.

6. ESPECÍMENES DE ENSAYO

¹ Para consultar las normas ASTM citadas, visite el sitio web de ASTM, www.astm.org, o contacte al Servicio de Atención al Cliente de ASTM en service@astm.org. Para obtener información sobre Annual Book of ASTM Standards, consulte la página titulada Document Summary en el sitio web de ASTM.

6.1 Los especímenes de ensayo deben cumplir con los requisitos de tamaño, moldeado y curado establecidos en la Práctica C 31/C 31M (especímenes de obra) o en la práctica C 192/C 192M (especímenes de laboratorio). Los núcleos perforados deben cumplir con los requisitos de tamaño y de acondicionamiento de humedad establecidos en el Método de Ensayo C 42/C 42M. Los especímenes curados en húmedo, durante el período entre su remoción del ambiente de curado y el ensayo, deben ser mantenidos húmedos cubriéndolos con una arpillera o una manita mojada, y deben ser ensayados en condición húmeda tan pronto como sea posible.

6.2 El siguiente procedimiento de curado debe ser utilizado para evaluaciones de concreto liviano: los especímenes ensayados a los 28 días deben estar en una condición de secos al aire después de 7 días de curado húmedo seguidos de 21 días de secado a $23.0 \pm 2.3^\circ\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^\circ\text{F}$) y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Marca – Dibuje líneas diametrales sobre cada extremo del espécimen utilizando un dispositivo adecuado que asegure que estén en el mismo plano axial (vea Figura 1, Figura 2 y Nota 1), o como alternativa, utilice un dispositivo de alineación como el mostrado en la Figura 3 (Nota 2).

NOTA 1 – La Figura 1 y 2 muestran un dispositivo adecuado para dibujar líneas diametrales sobre cada extremo de un cilindro de 150 mm por 300 mm (6 pulg. por 12 pulg.) en el mismo plano axial. El dispositivo consiste de las tres partes siguientes:

- (1) Un canal de 100 mm (4 pulg.) de longitud, cuyas alas han sido fresadas planas
- (2) Una sección, parte a, que está ramurada para fijarse suavemente sobre las alas del canal y que incluye tornillos de presión para posicionar el elemento vertical del conjunto, y
- (3) Una barra vertical, parte b, para guiar el lápiz o marcador

El conjunto (parte a y parte b) no está sujeto al canal y se posiciona en cualquier extremo del cilindro sin perturbar la posición del espécimen cuando se marcan las líneas diametrales.

NOTA 2 – La Figura 4 es un plano detallado del dispositivo de alineación mostrado en la Figura 3 para alcanzar el mismo propósito marcando las líneas diametrales. El dispositivo consiste en:

- (1) Una base para sostener el listón de apoyo inferior y el cilindro.
- (2) Una barra de apoyo suplementaria conforme a los requisitos en la Sección 5 como dimensiones críticas y condición plana, y
- (3) Dos montantes que sirven para posicionar el cilindro de ensayo, listones de apoyo y barra de apoyo suplementaria.

7.2 Mediciones – Determine el diámetro del espécimen de ensayo al 0.25 mm (0.01 pulg.) más cercano promediando los tres diámetros medidos cerca de los extremos y en el medio del espécimen y en el plano que contiene las líneas marcadas sobre los dos extremos. Determine la longitud del espécimen al 2 mm

(0.1 pulg.) promediando al menos dos mediciones de longitud tomadas en el plano que contiene las líneas marcadas sobre los dos extremos.

7.3 Posicionamiento Utilizando las Líneas Diametrales Marcadas – Centrar uno de los listones de madera prensada a lo largo del centro del bloque de apoyo inferior. Coloque el espécimen sobre el listón de madera prensada y alinear de manera que las líneas marcadas sobre los extremos del espécimen estén verticales y centradas sobre el listón de madera prensada. Coloque el segundo listón de madera prensada longitudinalmente sobre el cilindro, centrado sobre las líneas marcadas sobre los extremos del cilindro. Posicione el conjunto para asegurar las siguientes condiciones:

7.3.1 La proyección del plano de las dos líneas marcadas sobre extremos del espécimen debe intersectar el centro de la placa de apoyo superior, y

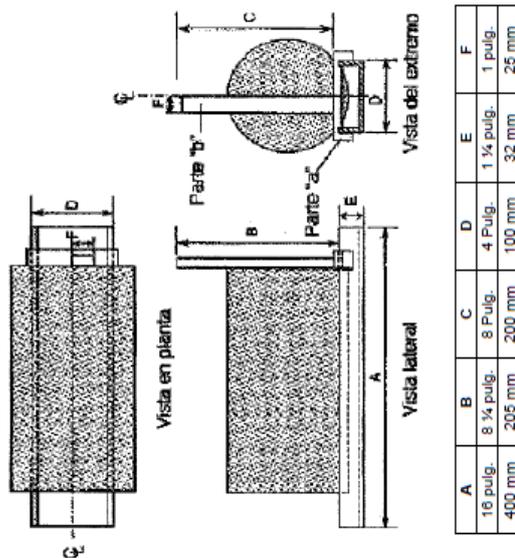


Figura 1 Vistas Generales de un Aparato Adecuado para Marcar diámetros Extremos Utilizados para Alineación del Especimen en la Máquina de Ensayos

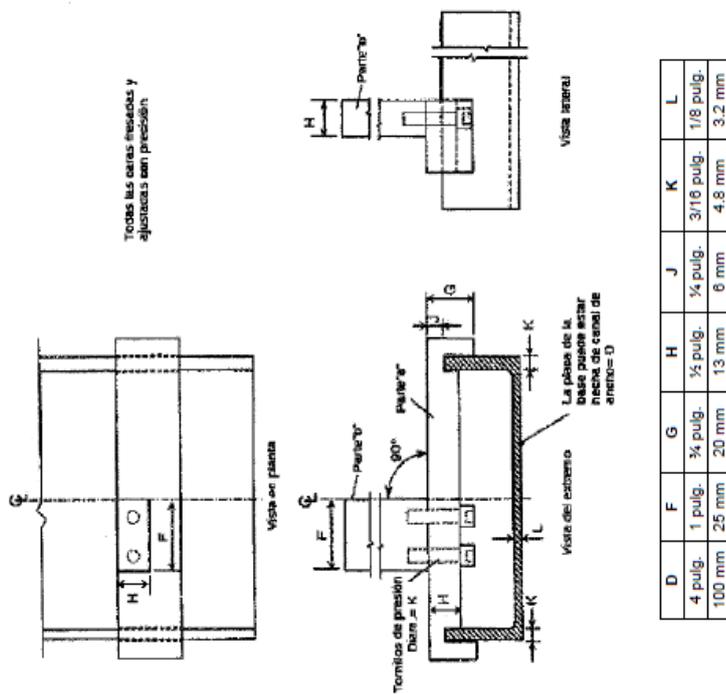


FIGURA 2 Planos Detallados para un Aparato Adecuado para Marcar Diámetros Extremos Utilizados para alinear el Especimen

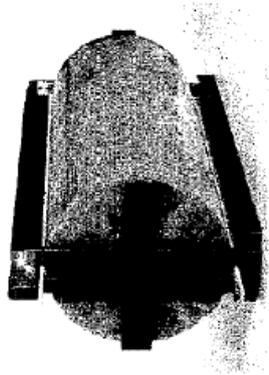


FIGURA 3 Dispositivo para alinear el Cilindro de Concreto y los Listones de Apoyo

7.3.2 La barra o placa de apoyo suplementario, cuando se usa, y el centro del espécimen deben estar directamente debajo del centro del empuje del bloque de apoyo esférico (Ver Figura 5).

7.4 **Posicionamiento Utilizando un Calibre de Alineación** – Posicionar los listones de apoyo, el cilindro de ensayo y la barra de apoyo suplementario por medio de un dispositivo de alineación ilustrado en la Figura 3 y centre el dispositivo de manera que la barra de apoyo suplementaria y el centro del espécimen estén directamente debajo del centro del empuje del bloque de apoyo esférico.

7.5 **Velocidad de Carga** – Aplicar la carga en forma continua y sin sacudidas, a una velocidad constante dentro del rango de un esfuerzo de tracción indirecta de 0.7 a 1.4 MPa/min (100 a 200 psi/min) hasta la falla del espécimen (Nota 3). Registre la máxima carga aplicada por la máquina de ensayo en la falla. Anote el tipo de falla y la apariencia del concreto.

NOTA 3 – La relación entre el esfuerzo de tracción indirecta y la carga aplicada se muestra en la Sección 8. El rango requerido de carga en esfuerzo de tracción indirecta corresponde a la carga total aplicada en el rango de 50 a 100 kN (11 300 a 22 600 lbf/min) para cilindros de 150 por 300 mm (6 por 12 pulg.)

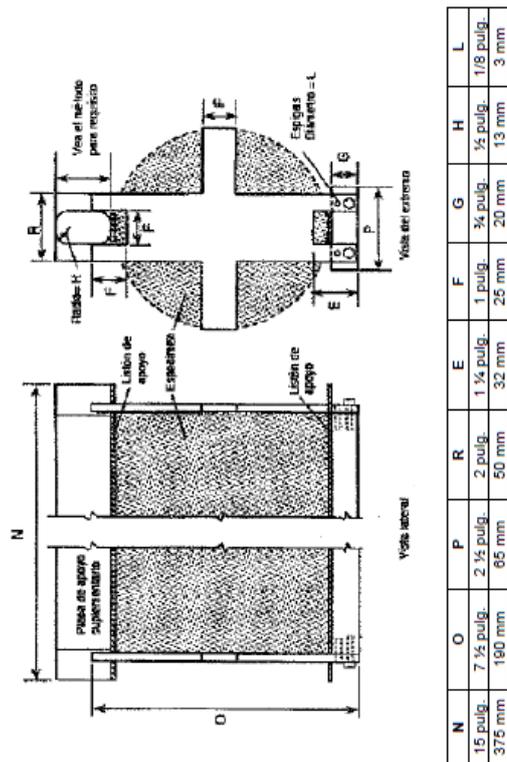


FIGURA 4 Planos Detallados para un dispositivo Adecuado de Alineación para Especímenes de 150 por 300 mm (6 por 12 pulg.)

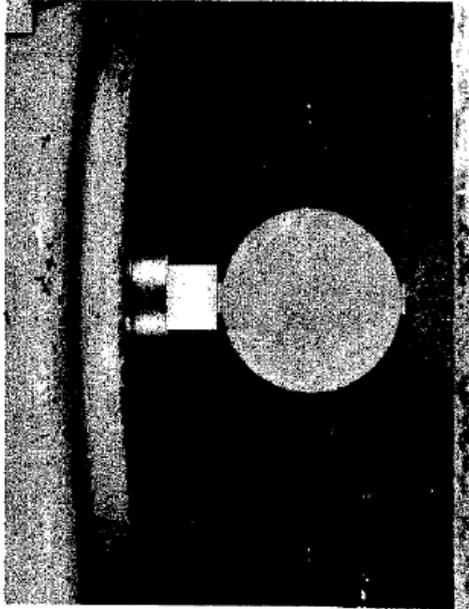


FIGURA 5 Especimen Posicionado en la Máquina de Ensayo para Determinación de la Resistencia a la Tracción Indirecta

8. CÁLCULOS

8.1 Calcule la resistencia a la tracción indirecta del espécimen como sigue:

$$T = 2P/ld \quad (1)$$

Donde:

- T = resistencia a la tracción indirecta, MPa (psi)
- P = máxima carga aplicada por la máquina de ensayo, N (lbf)
- l = longitud, mm (pulg.), y
- d = Diámetro, mm (pulg.)

9. INFORME

- 9.1 Informe lo Siguiente:
- 9.1.1 Número de identificación,
- 9.1.2 Diámetro y longitud, mm (pulg.),

- 9.1.3 Máxima carga, N (lbf).
- 9.1.4 Resistencia a la tracción indirecta calculada a los 0.05 MPa (5 psi) más cercanos.
- 9.1.5 Proporción estimada de agregado grueso fracturado durante el ensayo.
- 9.1.6 Edad del espécimen.
- 9.1.7 Historial de curado.
- 9.1.8 Defectos en el espécimen.
- 9.1.9 Tipo de fractura, y
- 9.1.10 Tipo de espécimen.

10. PRECISIÓN Y SESGO

10.1 Precisión – No se han realizado estudios entre laboratorios de este método de ensayo. Los datos de investigación disponibles², sin embargo, sugieren que el coeficiente de variación dentro de la amasada es 5 % (Ver Nota 4) para especímenes cilíndricos de 150 x 300 mm (6 x 12 pulg.) con una resistencia media a la tracción indirecta de 2.8 MPa (405 psi). Los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente sobre el mismo material, entonces, no deberían diferir de más del 14 % (vea Nota 4) de su promedio para resistencias a la tracción indirecta alrededor de 2.08 MPa (400 psi).

NOTA 4 – Estos números representan, respectivamente, los límites (1s %) y (d2s %) definidos en la práctica C 670.

10.2 Sesgo – El método de ensayo no tiene sesgo porque la resistencia a la tracción indirecta solo puede ser definida en términos de este método de ensayo.

11. DESCRIPTORES

11.1 Especímenes cilíndricos de concreto; tracción indirecta; resistencia a la tracción.

-----Ultima línea -----

² Wright P.J.F. Comment on an indirect tensile test on concrete cylinders* Magazine of concrete research, Vol. 7, No. 20, July 1955, pp 67-65