

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A
COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON
FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER**

FORCE PP-48

TESIS

PRESENTADO POR:

FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS

RONALD ANGEL MAMANI MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y
FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-
NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48**

TESIS PRESENTADO POR:

FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS

RONALD ANGEL MAMANI MAMANI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

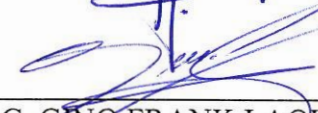
FECHA DE SUSTENTACIÓN: 01 DE JUNIO DEL 2018

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


M.C. EMILIO CASTILLO ARONI

PRIMER MIEMBRO:


M.C. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. RAUL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI

DIRECTOR / ASESOR:


Dr. SAMUEL HUAQUISTO CACERES

Tema : Evaluación Comparativa de la Resistencia a la Compresión y Flexión del Concreto Normal, con Fibra SIKA FIBER CHO 65-35-NB y con Fibra SIKA FIBER FORCE PP-48

Área : Construcciones

Línea de Investigación: Construcciones y Gerencia



DEDICATORIA

A Dios por darme el don de la vida y derramar sus bendiciones sobre mí.

A mis queridos padres Anibal y Gilda por su cariño, trabajo, motivación y sacrificios en todos estos años.

A mis queridos hermanos Abraham y Miguel por lo que representan para mí y por ser parte importante de una hermosa familia unida.

A todos mis amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado.

Esto es posible gracias a todos ellos.

Ronald Ángel.

Francisco Daniel.

A Dios por darme el don de la vida y derramar sus bendiciones sobre mí.

A mis queridos padres Ángel y Vicentina por su cariño, trabajo, motivación y sacrificios en todos estos años.

A mis queridos hermanos Alan y Karina por lo que representan para mí y por ser parte importante de una hermosa familia unida.

A todos mis amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado.

Esto es posible gracias a todos ellos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar le agradecemos a Dios por permitirnos desarrollar y culminar el presente trabajo.

A la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, nuestra institución, y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de conocer este maravilloso mundo de la ingeniería y así poder escalar un peldaño más, en el campo del conocimiento.

A nuestro Director de Tesis, Ing. Samuel Huaquisto Cáceres, le agradecemos por las orientaciones, recomendaciones y sobre todo por su confianza.

A nuestros jurados, Ing. Emilio Castillo Aroni, Ing. Gino Frank Laque Cordova y el Ing. Raúl Fernando Echegaray Chambi, quienes con sus conocimientos y experiencia nos brindaron tiempo y consejos valiosos, buscando una mejor versión del trabajo presentado.

Al laboratorio de Construcciones y laboratorio de Mecánica de Suelos, de la EPIC, así como también a los técnicos Ing. Guillermo Isidro Perca, Deywid Wagner Marrón Machaca, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo experimental.

De igual forma agradecemos también a aquellas personas que estuvieron apoyándonos siempre, nos referimos a nuestros compañeros y amigos de la EPIC, por compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas con nosotros.

A todos muchísimas gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	16
RESUMEN	26
ABSTRACT	27
1. CAPITULO I	28
INTRODUCCIÓN	28
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	28
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	29
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	29
1.3. HIPÓTESIS	30
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	30
1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	30
1.4. OBJETIVOS DE ESTUDIO	31
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	31
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
2. CAPITULO II	32
REVISIÓN DE LITERATURA	32

2.1. ANTECEDENTES.....	32
2.2. EL CONCRETO	36
2.2.1. COMPONENTES DEL CONCRETO	37
2.2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	39
2.3. FIBRAS	40
2.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS	40
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	42
2.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
2.4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	43
3. CAPITULO III	48
MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS	48
3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD	48
3.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	50
3.1.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS	53
3.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS	56

3.1.5. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS	58
3.1.6. MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	62
3.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.....	64
3.2.1. LOS MATERIALES	65
3.2.2. DISEÑO DE MEZCLA F’C 210 KG/CM2 – MÉTODO: COMITÉ 211 DEL ACI	66
3.2.3. DISEÑO DE MEZCLA F’C 210 KG/CM2 – MÉTODO: MODULO DE FINEZA	73
3.2.4. PROPORCIÓN DE LA MEZCLA DEFINIDA.....	80
3.3. ELABORACIÓN DEL CONCRETO	81
3.3.1. ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS	83
3.3.2. ELABORACIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS	83
3.3.3. CURADO DE LOS ESPECÍMENES.....	84
3.4. ENSAYOS REALIZADOS.....	84
3.4.1. ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO	84
3.4.2. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO	85
4. CAPITULO IV.....	90

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
4.1. ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO	90
4.1.1. COMPARACIÓN DE ASENTAMIENTOS DEL CONCRETO	90
4.2. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO .	93
4.2.1. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS	93
4.2.2. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS	99
4.3. ANÁLISIS DE COSTOS.....	103
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	109
4.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO NORMAL (CN).	109
4.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20.	110
4.4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30.	111
4.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40.	112

4.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50.	113
4.4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2.....	114
4.4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-5.....	115
4.4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7.....	116
4.4.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9.....	117
4.4.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO NORMAL (CN).....	118
4.4.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20.....	119
4.4.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30.....	120
4.4.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40.....	121
4.4.14. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50.....	122

4.4.15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2.	123
4.4.16. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-5.	124
4.4.17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7.	125
4.4.18. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9.	126
4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	127
4.5.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	127
4.5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	128
4.5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	129

4.5.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	130
4.5.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	131
4.5.6. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-5 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	132
4.5.7. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	133
4.5.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	134

4.5.9. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. 135

4.5.10. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. 136

4.5.11. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. 137

4.5.12. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. 138

4.5.13. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN..... 139

4.5.14. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-5 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN..... 140

4.5.15. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN..... 141

4.5.16. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	142
5. CAPITULO V	143
CONCLUSIONES.....	143
5.1. CONCLUSIÓN GENERAL	143
5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	143
6. CAPITULO VI.....	145
RECOMENDACIONES.....	145
7. CAPITULO VII.....	146
REFERENCIAS	146
ANEXOS	149
ANEXO 01: CERTIFICADO EMITIDO POR EL JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA EPIC-FICA-UNA- PUNO.....	151
ANEXO 02: ASTM C 192/ C 192 M-06 (PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA FABRICACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO).....	153

ANEXO 03: ASTM C 39/ C 39 M-14 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO).....	162
ANEXO 04: ASTM C 78 – 02 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UNA VIGA SIMPLE CONCRETO CON CARGA DE TERCER PUNTO).....	170
ANEXO 05: CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO. ...	174
ANEXO 06: DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	176
ANEXO 07: DATOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. ...	181
ANEXO 08: TABLAS ESTADÍSTICAS.....	187
ANEXO 09: HOJA TÉCNICA SIKA FIBER FORCE PP-48.	189
ANEXO 10: HOJA TÉCNICA SIKA FIBER CHO 65-35NB.....	194
ANEXO 11: PRECIO DE LAS FIBRAS SIKA FIBER FORCE PP-48 Y SIKA FIBER CHO 65-35NB.....	199
ANEXO 12: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES USADOS DEL LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES.....	202

ANEXO 13: NÚMERO DE MUESTRAS PARA ESPECÍMENES CILÍNDRICOS Y PRISMÁTICOS DE CONCRETO BASADO EN LA NORMA ACI-318-08	207
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Ensayo Contenido de Humedad del Agregado Fino y Agregado Grueso.....	49
Figura 3.2: Ensayo Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Agregado Grueso.....	51
Figura 3.3: Requerimientos de Granulometría de los Agregados Gruesos.....	52
Figura 3.4: Curva Granulométrica del Agregado Grueso y fino.....	53
Figura 3.5: Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos.....	55
Figura 3.6: Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos.....	58
Figura 3.7: Dimensiones del molde cilíndrico.....	59
Figura 3.8: Peso Unitario del Agregado Fino.....	60
Figura 3.9: Peso Unitario del Agregado Grueso.....	61
Figura 3.10: Proceso de elaboración del concreto normal, con adición de fibras metálicas y fibras de polipropileno.....	82
Figura 3.11: Elaboración de probetas cilíndricas.....	83
Figura 3.12: Elaboración de probetas prismáticas.....	83
Figura 3.13: Curado de probetas cilíndricas y prismáticas.....	84
Figura 3.14: Ensayo de asentamiento del concreto.....	85
Figura 3.15: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....	87
Figura 3.16: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.....	88

Figura 3.17: Ensayo de resistencia a la flexión.	89
Figura 4.1: Comparación de Asentamientos para el CN, CFM, CFP. .	91
Figura 4.2: Correlación del asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba del CFM.	92
Figura 4.3: Correlación del asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba del CFP.	93
Figura 4.4: Comparación de la Resistencia a Compresión para el CN, CFM, CFP.	95
Figura 4.5: Correlación de la Resistencia a Compresión para los grupos de prueba del CFM.	97
Figura 4.6: Correlación de la Resistencia a Compresión para los grupos de prueba del CFP.	98
Figura 4.7: Comparación de la Resistencia a Flexión para el CN, CFM, CFP.	100
Figura 4.8 Correlación de la Resistencia a Flexión para los grupos de prueba de CFM.	102
Figura 4.9 Correlación de la Resistencia a Compresión para los grupos de prueba del CFP.	103
Figura 4.10 Evaluación del costo unitario de materiales, para todos los grupos de prueba.	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Consistencia de mezcla de concreto.	39
Tabla 2.2: Desviación estándar y coeficiente de variación.....	42
Tabla 2.3: Distribuciones T de Student.	46
Tabla 3.1: Contenido de humedad de los agregados.	49
Tabla 3.2: Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	51
Tabla 3.3: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.	51
Tabla 3.4: Clasificación para el Agregado Grueso, ASTM C33.....	52
Tabla 3.5: Datos del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	56
Tabla 3.6: Resultados del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	56
Tabla 3.7: Datos del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	58
Tabla 3.8: Resultados del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	58
Tabla 3.9: Dimensiones del molde cilíndrico.	60
Tabla 3.10: Datos del P.U. suelto del Agregado Fino.	60
Tabla 3.11: Datos del P.U. compactado del Agregado Fino.	61
Tabla 3.12: Datos del P.U. suelto del Agregado Grueso.....	62
Tabla 3.13: Datos del P.U. compactado del Agregado Grueso.	62
Tabla 3.14: Datos del Agregado Fino.....	63

Tabla 3.15: Datos del Agregado Grueso.....	64
Tabla 3.16: Propiedades de los Agregados.....	65
Tabla 3.17: Asentamientos Recomendados para varios tipos de Construcción.....	66
Tabla 3.18: Para Concretos bombeables.....	66
Tabla 3.19: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	67
Tabla 3.20: Resistencia Promedio.....	68
Tabla 3.21: Relación agua-cemento y resistencia a la compresión dl concreto.....	68
Tabla 3.22: Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto.....	69
Tabla 3.23: Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco.....	70
Tabla 3.24: Pesos de los Materiales por m ³ de Concreto.....	71
Tabla 3.25: Resistencia Promedio.....	73
Tabla 3.26: Contenido de Aire Atrapado.....	74
Tabla 3.27: Volumen Unitario de Agua.....	74
Tabla 3.28: Relación Agua-Cemento por Resistencia.....	75
Tabla 3.29: Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos.....	76
Tabla 3.30: Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.....	77

Tabla 3.31: Diseño de Mezclas para grupos de Prueba con fibra Sintética.....	80
Tabla 3.32: Diseño de Mezclas para grupos de Prueba con fibra Metálica.....	81
Tabla 4.1: Datos de Asentamiento para los Grupos de Control.	90
Tabla 4.2: Datos de la Resistencia a Compresión para los Grupos de Control.....	93
Tabla 4.3: Datos de la Resistencia a la Flexión para los Grupos de Control.....	99
Tabla 4.4: Costo de los Agregados.	104
Tabla 4.5: Costo unitario de materiales para concreto de diseño - CN.	104
Tabla 4.6: Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-20.....	104
Tabla 4.7: Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-30.....	105
Tabla 4.8: Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-40.....	105
Tabla 4.9: Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-50.....	105
Tabla 4.10: Costo unitario de materiales para concreto experimental CFP-2.	105

Tabla 4.11: Costo unitario de materiales para concreto experimental	
CFP-5.	106
Tabla 4.12: Costo unitario de materiales para concreto experimental	
CFP-7.	106
Tabla 4.13: Costo unitario de materiales para concreto experimental	
CFP-9.	106
Tabla 4.14: Análisis Estadístico CP-Resistencia a la Compresión-28 días.....	109
Tabla 4.15: Análisis Estadístico CFM-20 Resistencia a la Compresión a 28 días.	110
Tabla 4.16: Análisis Estadístico CFM-30 Resistencia a la Compresión a 28 días.	111
Tabla 4.17: Análisis Estadístico CFM-40 Resistencia a la Compresión a 28 días.	112
Tabla 4.18: Análisis Estadístico CFM-50 Resistencia a la Compresión a 28 días.	113
Tabla 4.19: Análisis Estadístico CFP-2 Resistencia a la Compresión a 28 días.	114
Tabla 4.20: Análisis Estadístico CFP-5 Resistencia a la Compresión a 28 días.	115
Tabla 4.21: Análisis Estadístico CFP-7 Resistencia a la Compresión a 28 días.	116

Tabla 4.22: Análisis Estadístico CFP-9 Resistencia a la Compresión a 28 días.	117
Tabla 4.23: Análisis Estadístico CN Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.....	118
Tabla 4.24: Análisis Estadístico CFM-20 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.	119
Tabla 4.25: Análisis Estadístico CFM-30 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.	120
Tabla 4.26: Análisis Estadístico CFM-40 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.	121
Tabla 4.27: Análisis Estadístico CFM-50 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.....	122
Tabla 4.28: Análisis Estadístico CFP-2 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.	123
Tabla 4.29: Análisis Estadístico CFP-5 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.	124
Tabla 4.30: Análisis Estadístico CFP-7 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.	125
Tabla 4.31: Análisis Estadístico CFP-9 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.	126
Tabla 4.32: Parámetros de interés del CN yCFM-20.	127
Tabla 4.33: Parámetros de interés del CN y CFM-30.	128

Tabla 4.34: Parámetros de interés del CN yCFM-40.	129
Tabla 4.35: Parámetros de interés del CN yCFM-50.	130
Tabla 4.36: Parámetros de interés del CN yCFP-2.....	131
Tabla 4.37: Parámetros de interés del CN yCFP-5.....	132
Tabla 4.38: Parámetros de interés del CN yCFP-7.....	133
Tabla 4.39: Parámetros de interés del CN yCFP-9.....	134
Tabla 4.40: Parámetros de interés del CN yCFM-20.	135
Tabla 4.41: Parámetros de interés del CN yCFM-30.	136
Tabla 4.42: Parámetros de interés del CN yCFM-40.	137
Tabla 4.43: Parámetros de interés del CN y CFM-50.	138
Tabla 4.44: Parámetros de interés del CN y CFP-2.....	139
Tabla 4.45: Parámetros de interés del CN y CFP-5.....	140
Tabla 4.46: Parámetros de interés del CN y CFP-7.....	141
Tabla 4.47: Parámetros de interés del CN y CFP-9.....	142

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- CN** : Concreto Normal ($f'c210 \text{ kg/cm}^2$).
- CFM-20** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 20 kg/m^3 de Fibra Metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) incorporada.
- CFM-30** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 30 kg/m^3 de Fibra Metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) incorporada.
- CFM-40** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 40 kg/m^3 de Fibra Metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) incorporada.
- CFM-50** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 50 kg/m^3 de Fibra Metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) incorporada.
- CFP-2** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 2 kg/m^3 de Fibra de Polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) incorporada.
- CFP-5** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 5 kg/m^3 de Fibra de Polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) incorporada.
- CFP-7** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 7 kg/m^3 de Fibra de Polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) incorporada.
- CFP-9** : Concreto $f'c210 \text{ kg/cm}^2$, con 9 kg/m^3 de Fibra de Polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) incorporada.
- $f'c$** : Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm^2 .
- R** : Módulo de ruptura del concreto (Resistencia a la flexión), kg/cm^2 .
- \bar{X}** : Media aritmética muestral.

- S²** : Varianza.
- S** : Desviación estándar.
- H₀** : Hipótesis nula.
- H₁** : Hipótesis alternativa.
- α** : Nivel de significancia.
- tp** : Estadístico de prueba.
- A°F°** : Agregado fino.
- A°G°** : Agregado grueso
- W%** : Contenido de humedad
- TM** : Tamaño máximo del agregado.
- TMN** : Tamaño máximo nominal del agregado.
- m_f** : Módulo de fineza del agregado fino.
- m_g** : Módulo de fineza del agregado grueso.
- a/c** : Relación agua/cemento.
- ACI** : American Concrete Institute.
- ASTM** : American Society of Testing Materials.
- NTP** : Norma técnica peruana.

RESUMEN

El presente tema de investigación se centró en la evaluación del concreto normal, concreto con fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48), para ver cual tiene mejor resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y costos, a una resistencia de diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Donde la incorporación de fibras metálicas se dio en las dosificaciones de 20kg/m^3 , 30kg/m^3 , 40kg/m^3 y 50kg/m^3 de concreto, por otro lado la incorporación de fibras de polipropileno se dio en las proporciones de 2kg/m^3 , 5kg/m^3 , 7kg/m^3 y 9kg/m^3 de concreto; cuyos rangos están establecidos en las especificaciones técnicas de cada producto. Se realizó el diseño de mezclas por el método del comité 211 del Instituto Americano del Concreto y por el método de Módulo de Fineza, tomándose como adecuado para la presente investigación el segundo método. Se ha llegado a la conclusión de que la incorporación de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) en el diseño de mezcla del concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$, mejora significativamente su resistencia a la flexión (Módulo de ruptura). También se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) en el diseño de mezcla del concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ mejora la resistencia a flexión y principalmente mejora la resistencia a compresión. Finalmente con respecto al costo unitario de materiales para la elaboración del concreto de los grupos de control, se concluye que el costo incrementa considerablemente conforme aumenta la cantidad de fibra utilizada.

Palabras Clave: Concreto, resistencia a compresión, resistencia a flexión, fibra metálica, fibra de polipropileno.

ABSTRACT

The present research topic focused on the evaluation of normal concrete, concrete with metal fiber (Sika Fiber CHO 65-35-NB) and concrete with polypropylene fiber (Sika Fiber Force PP-48), to see which has better resistance to the compression, resistance to bending and costs, to a design resistance $f'_c = 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$. Where the incorporation of metallic fibers occurred in the dosages of $20 \text{ kg} / \text{m}^3$, $30 \text{ kg} / \text{m}^3$, $40 \text{ kg} / \text{m}^3$ and $50 \text{ kg} / \text{m}^3$ of concrete, on the other hand the incorporation of polypropylene fibers was given in the proportions of $2 \text{ kg} / \text{m}^3$, $5 \text{ kg} / \text{m}^3$, $7 \text{ kg} / \text{m}^3$ and $9 \text{ kg} / \text{m}^3$ of concrete; whose ranges are established in the technical specifications of each product. The design of mixtures was carried out by the method of committee 211 of the American Concrete Institute and by the Fineness Module method, taking the second method as suitable for the present investigation. It has been concluded that the incorporation of metallic fiber (Sika Fiber CHO 65-35-NB) in the concrete mix design $f'_c 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$, significantly improves its resistance to bending (rupture module) . It is also concluded that the incorporation of polypropylene fiber (Sika Fiber Force PP-48) in the concrete mix design $f'_c 210 \text{ kg} / \text{cm}^2$ improves the flexural strength and mainly improves the compressive strength. Finally, regarding the unit cost of materials for the concrete production of the control groups, it is concluded that the cost increases considerably as the amount of fiber used increases.

Key Words: Concrete, compressive strength, flexural strength, metal fiber, polypropylene fiber.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“A lo largo de la historia, la idea de reforzar con materiales fibrosos se remonta al antiguo Egipto en donde se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después de la cocción al sol.” (Millán, 2013)

Con el objeto de crear una estructura interior que pueda resistir más tracción que en un concreto normal; al concreto convencional se le añaden fibras de diversos materiales (acero, plástico, nylon, etc). (Pasquel, 1999)

Con la adición de fibras en el concreto convencional se mejoran ciertas propiedades mecánicas como son: resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. En la actualidad el empleo de estos materiales en la construcción se dan sin considerar: dichas propiedades, una dosificación óptima y los diferentes costos que estos implican dependiendo el tipo de fibra; generándose la necesidad de investigar estos parámetros y compararlos según los tipos de concreto con adición de estas fibras.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será la mejor alternativa en cuanto a resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y costo al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) a una resistencia de diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será la mejor alternativa en cuanto a resistencia a la compresión, al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48)?
- ¿Cuál será la mejor alternativa en cuanto a resistencia a la flexión al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48)?
- ¿Cuál será la mejor alternativa en cuanto a costo al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El concreto es un material de construcción que posee una alta resistencia a compresión y una baja resistencia a tracción, donde su resistencia a tracción representa un 10% a 15% de su resistencia a compresión. La resistencia a la tracción del concreto es importante ya que la resistencia al corte del concreto y la fisuración por retracción y temperatura, dependen mucho de ésta.

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Al tener el concreto una baja resistencia a flexión este falla por momento de una viga de concreto no reforzada. Para mejorar dicha resistencia a flexión en un concreto simple se usan diferentes materiales como acero de refuerzo, fibras de diverso tipo, etc.

La fibra como material de construcción ha sido empleada para mejorar propiedades de tracción en materiales como el adobe. En tal medida su uso en el concreto como material para mejorar ciertas propiedades mecánicas del concreto como la resistencia a compresión y tracción se viene implementando e investigando, para sus diferentes clasificaciones.

Dado que en la actualidad se tienen diferentes tipos de fibras que se emplean en obras civiles tales como pavimentos, pisos industriales, shotcrets, cúpulas, etc; y teniendo a disposición cerca a nuestra ciudad de Puno fibras metálicas, fibras de polipropileno entre otros, es necesario hacer una investigación comparativa de los tipos de concreto con adición de dichas fibras, a fin de tener un mejor conocimiento y criterio de elección en cuanto a cuál nos conviene al momento de realizarse el diseño.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48), se obtendrá la mejor alternativa en cuanto a resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y costo de los tipos de concreto mencionados a una resistencia de diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- Al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48), se obtendrá la mejor alternativa en cuanto a resistencia a la compresión.
- Al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48), se obtendrá la mejor alternativa en cuanto a resistencia a flexión.
- Al evaluar el concreto normal, concreto con adición de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con adición de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48), se obtendrá la mejor alternativa en cuanto a costo.

1.4. OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la mejor alternativa al evaluar el concreto normal, concreto con fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48), respecto a cuál tiene mejor resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y costo, a una resistencia de diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la resistencia a compresión simple del concreto normal, concreto con fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48).
- Evaluar la resistencia a flexión del concreto normal, concreto con fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y concreto con fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48).
- Evaluar los costos del concreto normal, del concreto con fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35-NB) y del concreto con fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48).

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Carlos Javier Mendoza, Carlos Aire y Paula Dávila (2011), publicaron el artículo científico “Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido”. Se estudió el efecto que tiene la incorporación de fibras cortas de polipropileno en las propiedades del concreto en estados fresco y endurecido. Las variables que se consideran son el tamaño máximo del agregado grueso, los finos en la arena y el contenido de fibras. Se concluyó que la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson y la deformación unitaria a la falla por compresión no se modifican en forma significativa por la inclusión de fibras hasta para consumos de 5 kg/m³. La resistencia a tensión por flexión se modifica, aunque la tendencia no queda definida totalmente ya que en algunos casos la incrementa y en otros la reduce. La resistencia a tensión determinada en forma indirecta se modifica en menor cuantía, pero también sin tendencia definida. La resistencia del concreto al impacto se incrementa en forma significativa con el consumo de fibras de polipropileno, siendo en algunos casos, mayor al doble para consumos de fibra de 5 kg/m³ de concreto.

Esau Apaza y Horacio Larico (2012), publicaron la investigación “Diseño de Pavimentos Rígidos Reforzados con Fibra Metálica como Alternativa para Proyectos Ubicados en la Región Puno”. Se utilizó un concreto de una calidad nominal, medida como resistencia a la compresión de 210kg/cm², a los 28 días. Se ha considerado este tipo de concreto y que en nuestro medio generalmente son realizados diseños para pavimentos rígidos con esta resistencia. En la segunda etapa para cuantificar el efecto

de la incorporación de fibras de acero al concreto, se efectuaron ensayos comparativos entre un concreto patrón (sin fibras) y mezclas de concreto con distinto porcentaje de fibra adicionado. La fibra usada fue WIRAND tipo FF1 y FF3, proveídos por la empresa MACCAFERRI – PERU, con un largo de 50mm. Este es el largo estándar, en que este tipo de fibra de acero WIRAND, especialmente diseñada para hormigones, es confeccionada. Dicho largo condicionará el tamaño máximo de agregado grueso, que para un refuerzo eficiente no debe sobrepasar la $\frac{1}{2}$ de longitud de la fibra. Dado lo anterior el tamaño máximo del agregado grueso, para esta investigación, es de 25mm. Los porcentajes adicionados de fibra de acero están comprendidos entre el 0.20% y el 0.60% en volumen del concreto con variaciones en porcentaje de fibra adicionada en cada ensayo, identificándose para WIRAND FF1 las siguientes dosificaciones I (0.20%), II (0.25%), III (0.32%), IV (0.38%), V (0.45%), VI (0.51%), VII (0.57%) y para WIRAND FF3 los siguientes 1 (0.25%), 2 (0.32%), 3 (0.38%), 4 (0.45%), 5 (0.51%). Se concluyó en el ensayo de Resistencia a la Compresión a la edad de 7 días que el concreto normal alcanzó un $f'c=142.74\text{kg/cm}^2$ siendo el menor valor, mientras que el mayor valor fue alcanzado por el concreto 5 con un $f'c=168.68\text{kg/cm}^2$. Para los ensayos a la edad de 14 días el valor mínimo fue del concreto normal con un $f'c=183.39\text{kg/cm}^2$, mientras que el mayor valor fue alcanzado por el concreto 5 con un $f'c=214.38\text{kg/cm}^2$. De la misma manera para los ensayos a la edad de 28 días el valor mínimo fue del concreto normal con un $f'c=207.38\text{kg/cm}^2$, mientras que el mayor valor fue alcanzado por el concreto 5 con un $f'c=244.23\text{kg/cm}^2$; obteniéndose como óptimo el concreto 5 (WIRAND FF3 con 0.51%). Se concluyó en el ensayo de Resistencia a Flexión a las edades de 14 y 56 días que el concreto normal alcanzó un $f_r=18.93\text{kg/cm}^2$ y $f_r=21.21\text{kg/cm}^2$ respectivamente, siendo los menores valores alcanzados. Los valores altos fueron registrados para el concreto 4 a las edades de 7, 14 y 56 días con

$f_r=28.46\text{kg/cm}^2$, $f_r=39.97\text{kg/cm}^2$ y $f_r=60.36\text{kg/cm}^2$ respectivamente; obteniéndose como óptimo el concreto 4 (WIRAND FF3 con 0.45%)

Carrillo Julián, Aperador William y Gonzáles Giovanni (2012), publicaron el artículo científico “Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero”. En el estudio se determinaron las propiedades mecánicas del CRFA sometido a esfuerzos de compresión, tensión y flexión. A partir de las tendencias de los resultados experimentales, se proponen correlaciones numéricas para estimar las propiedades mecánicas básicas, y las propiedades que caracterizan el desempeño a flexión del CRFA. Se concluyó que la manejabilidad del concreto disminuyó significativamente a medida que incrementó la cantidad de fibras en el concreto, especialmente cuando se utilizan fibras tipo con longitud igual a 60 mm. El peso específico en estado endurecido no varía significativamente al aumentar el contenido de fibras, pues la disminución de agregado grueso se equilibra con la adición de fibras de acero. A medida que se incrementa el contenido de fibras de acero, la resistencia a compresión del concreto disminuye a un valor casi constante y su capacidad de deformación en compresión aumenta. En términos generales, la fibra de acero genera que el concreto se vuelva ligeramente menos resistente, pero más dúctil cuando éste se somete a fuerzas axiales de compresión. Tal como se esperaba, la resistencia al agrietamiento de tensión por flexión o módulo de ruptura y la deformación unitaria asociada, no varían significativamente al incrementar el contenido de fibras de acero, pues a partir de este esfuerzo inicia la contribución de las fibras al concreto. Sin embargo, la resistencia máxima a tensión por flexión y su deformación unitaria asociada, así como la tenacidad, sí aumentan proporcionalmente con el contenido de fibras de acero.

Nicolás González, Jesús Castaño, Yezid Alvarado e Isabel Gasch (2014), publicaron el artículo científico “Influencia del volumen de fibras y curado posterior sobre el comportamiento post - fisura de un concreto de ultra alto desempeño”. En el presente artículo se evalúa el desempeño de un concreto de ultra alto desempeño reforzado con diferentes contenidos de fibras metálicas, el cual fue elaborado utilizando materiales accesibles en Colombia y con técnicas de fabricación convencional, es decir no se utilizaron presiones o temperaturas elevadas en la fabricación de los diferentes especímenes. A este concreto de ultra alto desempeño se le realizaron pruebas de resistencia a la compresión uniaxial, resistencia a la flexión y de igual forma se evaluó el comportamiento de viguetas fisuradas a diferentes edades, las cuales fueron sometidas a diferentes tiempos de curado, con el fin de determinar la resistencia residual a flexión de las mismas. Se ha observado que el contenido en fibras y la adherencia que se genere entre las mismas y la matriz de concreto son aspectos de gran importancia, con el fin de garantizar que no haya pérdida de la resistencia a la flexión, independientemente de la edad de fisuración. Se concluyó que la adherencia de las fibras a la matriz de concreto juega un papel fundamental en la resistencia a flexión de las viguetas. Incluso en las viguetas que fueron fisuradas a los 28 días de edad, donde gran parte del material cementante ya ha sido hidratado, las capacidades mecánicas después de un curado posterior mejoran. Así mismo, la auto-recuperación de la resistencia a flexión del concreto está directamente relacionada con el contenido de fibras que éste tenga. El contenido de fibras debe ser mayor al 1.5%, con el fin de garantizar que, independientemente de la edad de fisuración, no haya pérdida de la resistencia a la flexión, es decir, que ésta se pueda preservar.

Guillermo Isidro (2017), publicó el trabajo de investigación “Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto $f'c$ 210 kg/cm²”. La investigación

realizada se centró en el estudio del efecto que tiene la incorporación de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² en la ciudad de Puno, con el fin de obtener el diseño de mezcla del concreto “idóneo” para la incorporación de las fibras de polipropileno. Determinándose a los 28 días de edad del concreto $f'c$ 210 kg/cm² que, la adición de fibra de polipropileno de 19 mm. reduce la resistencia a la compresión (desde 5.47% hasta 12.27%); sin embargo incrementa la resistencia a flexión (desde 5.12% hasta 16.75%) , según la cantidad de fibra incorporada. Además ha sido considerado el estudio de la incidencia de soluciones de sulfatos de sodio y magnesio en los grupos de control mediante especímenes de prueba (vigas de expansión), determinándose así el cambio de longitud en los especímenes, y por ende el posible deterioro (ASTM C 1012). La incorporación de fibra de polipropileno (19 mm) en el diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm² en la ciudad de Puno, mejora parcialmente las propiedades del mismo, específicamente su resistencia a la flexión (Módulo de ruptura). Se ha determinado que la adición de dichas fibras en todos los contenidos previstos, incrementan la resistencia a la flexión del concreto. Con respecto a las otras propiedades estudiadas, tales como la resistencia a la compresión y trabajabilidad; se ha determinado que la adición de fibras de polipropileno presenta una tendencia a la reducción de los mismos, según el porcentaje de adición de las fibras. Y finalmente con respecto al costo unitario de materiales para la elaboración de concreto de los grupos de control, se concluye que éstos se incrementan considerablemente conforme aumenta la cantidad de fibra considerada.

2.2. EL CONCRETO

Siendo el concreto objeto de estudio de la presente tesis, es necesario conceptualizarlo, así como también los factores que afectan su desarrollo y las propiedades del mismo.

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original. (Pasquel, 1999)

2.2.1. COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.1.1. CEMENTO

Es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. (Abanto, 1995)

2.2.1.2. AGREGADOS

Es el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto; ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto. (Rivva López, 2000)

2.2.1.2.1. CLASIFICACIÓN

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en el tamiz N°200. El más usual de los agregados finos es la arena, definido como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas.

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la disgregación y abrasión natural de materiales pétreos. Se le encuentra generalmente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural. La piedra chancada o piedra triturada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas y gravas.

Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de la cantera.

Sin embargo el Manual de ensayo de materiales (EM 2016) del MTC E 204-2016, el cual está basado según a las normas ASTM 136 y AASHTO T 27, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Este Manual indica que para mezclas de agregados gruesos y finos la muestra será separado en dos tamaños, por el tamiz 4.75mm (N°4). Por lo tanto, para la presente investigación, se manejará al tamiz N°4 para separar el agregados grueso y fino.

2.2.1.3. AGUA

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto debe satisfacer los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

2.2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.2.2.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

a. CONSISTENCIA

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Abanto, 1995)

Tabla 2.1
Consistencia de mezcla de concreto.

Consistencia	Slump
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	Mayor a 5"

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto", Pág. 49.

2.2.2.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

a. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39 (Anexo 02).

b. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la máxima resistencia antes de fallar por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) (Anexo 03) o ASTM C293 (cargada en el

punto medio). El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales dados y el diseño de mezcla. El Módulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en alguna ocasiones tanto como en un 15%. (National Ready Mixed Concrete Association, 1991)

2.3. FIBRAS

Las fibras son los componentes resistentes en un material reforzado con ellas y definen la mayor parte de las características mecánicas del material, como la resistencia y rigidez.

Los principales efectos que trae consigo la incorporación de fibras en el concreto se pueden resumir a continuación:

- Mejora importante del comportamiento a flexotracción.
- Aumento de la resistencia a compresión.
- Aumento de resistencia a tracción.
- Control de la fisuración.
- Aumento de la resistencia al impacto.

2.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

Las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones, hoy en día se emplean principalmente dos tipos de clasificación, así:

a. POR MATERIAL

- **FIBRAS METÁLICAS:** Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón).
- **FIBRAS SINTÉTICAS:** Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliéster, etc.
- **FIBRAS DE VIDRIO:** Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.
- **FIBRAS NATURALES:** Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%.

b. POR FUNCIONALIDAD, GEOMETRÍA Y DOSIFICACIÓN

- **MICROFIBRAS:** Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes de entre 0.03% a 0.15% del mismo. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno (Tipo Sikafiber AD) cuya dosificación en peso oscila entre 0.3 a 1.2 kg/m³ de concreto. Estas fibras tienen diámetros entre 0.023 mm a 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas. Las microfibras al tener diámetros tan pequeños se califican con un parámetro denominado Denier. Denieres el peso en gramos de 9000 metros de una sola fibra.
- **MACROFIBRAS:** Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las macrofibras más usadas son las

sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm. La relación de aspecto (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100.

En la presente investigación se empleó las macrofibras metálicas Sika Fiber CHO 65-35-NB y polipropileno Sika Fiber Force PP-48.

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

2.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico es de importancia en la evaluación de los resultados obtenidos porque nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

Para tener la confiabilidad de los datos, se consideró evaluar los resultados de resistencia a la compresión y resistencia a flexión, con los parámetros del coeficiente de variación y desviación standard, en función de la siguiente tabla:

Tabla 2.2
Desviación estándar y coeficiente de variación.

Clase de operación	Dispersión total				
	Desviación estándar para diferentes grados de control				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	Menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Mayor a 49.2
Concreto en Laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

Clase de operación	Dispersión entre testigos				
	Coeficiente de variación (VT), para diferentes grados de control				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
Concreto en Laboratorio	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Ing. Enrique Pasquel Carvajal

Está demostrado científicamente que los resultados de resistencia en compresión de un determinado concreto tienen una distribución de frecuencias que se ajusta a la denominada Distribución Normal, Distribución de Gauss o también llamada campana

de Gauss (Pasquel, 1999), por tal motivo se tiene la certeza de tener la confiabilidad de los datos.

2.4.1.1.FUNCIONES ESTADÍSTICAS

a. MEDIA ARITMÉTICA

También se le conoce como promedio; denominándose para la presente investigación resistencia promedio de todos los especímenes elaborados de una muestra tomada de una única mezcla de concreto, así como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Dónde: X_1, X_2, \dots, X_n son los resultados de la resistencia de las pruebas individuales y n es el número total de pruebas efectuadas.

b. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S)

La medida de dispersión más reconocida es la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de las resistencias, en relación con la resistencia promedio, dividido entre el número de resultados menos uno:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

c. COEFICIENTE DE VARIACIÓN (V)

La desviación estándar, expresada como un porcentaje de la resistencia promedio, se llama coeficiente de variación:

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

2.4.2.PRUEBA DE HIPÓTESIS

Dentro del estudio de la estadística inferencial, se describe como se puede tomar una muestra aleatoria y a partir de esta muestra estimar el valor de un parámetro poblacional en la cual se puede emplear el método de muestreo y el teorema del valor central lo que

permite explicar cómo a partir de una muestra se puede inferir algo acerca de una población, lo cual nos lleva a definir y elaborar una distribución de muestreo de medias muestrales que nos permite explicar el teorema del límite central y utilizar este teorema para encontrar las probabilidades de obtener las distintas medias muestrales de una población.

Pero es necesario tener conocimiento de ciertos datos de la población como la media, la desviación estándar o la forma de la población, pero a veces no se dispone de esta información.

En el análisis estadístico se hace una aseveración, es decir, se plantea una hipótesis, después se hacen las pruebas para verificar la aseveración o para determinar que no es verdadera. (Cruz, 2010)

Para la utilización de la prueba de hipótesis se cumple con la condición de que los datos se ajusten a una distribución Normal; tal como se mencionó en el apartado 2.4.1. del presente documento, los datos para el concreto siempre se ajustan a una distribución normal (Pasquel, 1999).

2.4.2.1. PROCEDIMIENTO SISTEMÁTICO PARA UNA PRUEBA DE HIPÓTESIS

a. PLANTEAR LA HIPÓTESIS NULA H_0 Y LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA H_1

La hipótesis nula (H_0) es una afirmación que no se rechaza a menos que los datos muestrales proporcionen evidencia convincente de que es falsa. El planteamiento de la hipótesis nula siempre contiene un signo de igualdad con respecto al valor especificado del parámetro ($u_1 = u_2$).

Sin embargo para la presente investigación se plantea la siguiente Hipótesis Nula H_0 :

$$u_1 \geq u_2.$$

La hipótesis alternativa (H_1) es cualquier hipótesis que difiera de la hipótesis nula. Es una afirmación que se acepta si los datos muestrales proporcionan evidencia suficiente de que la hipótesis nula es falsa.

Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la denominada hipótesis unilateral, que es la que se aplica en esta investigación, se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc.

- Si $H_1: u_1 > u_2$ significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba.

- Si $H_1: u_1 < u_2$ significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución normal del estadístico de prueba.

Para fines de esta investigación se plantea $H_1: u_1 < u_2$

b. SELECCIONAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ($\alpha = 0.05, 0.01$ O 0.10):

Probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. Se le denota mediante la letra griega α , también es denominada como nivel de riesgo, este término es más adecuado ya que se corre el riesgo de rechazar la hipótesis nula, cuando en realidad es verdadera.

Murphy y Davishofer, 2004 ofrecen la siguiente escala respecto a la confiabilidad o certeza:

- Alrededor de 0.90 es un nivel elevado de confiabilidad.
- La confiabilidad de 0.80 o superior puede ser considerada como moderada.
- Alrededor de 0.70 se considera baja.

- Inferior a 0.60 indica una confiabilidad inaceptablemente baja.

Los niveles de significancia más recomendados son:

$\alpha = 0.10$ con 90% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.01$ con 99% de probabilidad de certeza.

El nivel de significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia del concreto es 0.05, con el cual se determinó “ t_{α} ” de la siguiente tabla:

Tabla 2.3
Distribuciones T de Student.

Grados de Libertad	Nivel de Significancia		
	0.1	0.05	0.025
8	1.397	1.860	2.306
9	1.383	1.833	2.262
10	1.372	1.812	2.228
11	1.363	1.796	2.201

Fuente: Del anexo 08, tablas estadísticas.

De donde para un nivel de significancia de 0.05 y $n_1 + n_2 - 2 = 10$ grados de libertad, $t_{\alpha} = 1.812$. Este valor se utilizará para todas las pruebas de hipótesis.

c. ESTADÍSTICO DE PRUEBA – DISTRIBUCIÓN T DE STUDENT

Se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

Requisitos:

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo.
- Muestras independientes y menores a 30.

Procedimiento de cálculo:

- El estadístico de prueba para una distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Donde:

n_1 y n_2 : Tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente.

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 : Medias de las muestras 1 y 2 respectivamente.

S_1^2 y S_2^2 : Varianzas de las muestras 1 y 2 respectivamente.

- A continuación se mide la significación del estadístico t_p , comparando ese valor con el valor de un estadístico t_α , que se obtiene mirando las tablas correspondientes.
- Para la investigación se plantea:

Hipótesis Nula $H_0: u_1 \geq u_2$

Hipótesis Alternativa $H_1: u_1 < u_2$

Entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 si $t_p < -t_\alpha$ (Morales, 2013)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS

Los ensayos que se realizaron tanto en el agregado fino como en el agregado grueso, se basaron en el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2016 del MTC).

El agregado fino es proveniente de la cantera Cutimbo, el agregado grueso es proveniente de la cantera Santa Lucia y procesado en Surupana.

3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 215-2016; “DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO”, el cual está basado en la norma ASTM D2216.

EQUIPO UTILIZADO:

- Balanza con una precisión de 0.1% del peso de la muestra ensayada.
- Horno con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Taras.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se registró el peso de la tara.
- Se registró la masa de la muestra húmeda más la tara.
- Se llevó al horno por 24 horas a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se dejó enfriar.
- Se registró la masa de la muestra seca más la tara.

CÁLCULO

- El contenido de humedad se calculó con la siguiente expresión:

$$\omega\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

$$\omega\% = \frac{(W - T) - (W_s - T)}{W_s - T} \times 100$$

Donde:

$\omega\%$: Contenido de humedad. T: Peso de la tara.

W: Peso húmedo de la muestra y tara. Ws: Peso seco de la muestra y tara.



Figura 3.1: Ensayo Contenido de Humedad del Agregado Fino y Agregado Grueso.

Tabla 3.1
Contenido de humedad de los agregados.

	Agregado fino	Agregado grueso
Peso de la tara (gr.)	162.4	162.4
Peso de la tara + Peso húmedo de la muestra (gr.)	4261.8	5810.4
Peso de la tara + Peso seco de la muestra (gr.)	3977.9	5768.3
Peso de agua (gr.)	283.87	42.04
Peso muestra seca (gr.)	3815.5	5605.9
Contenido de humedad $\omega\%$	7.44	0.75

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 204 – 2016; ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C136.

EQUIPO UTILIZADO

- Balanzas con aproximación de 0.1% del peso de la muestra.
- Horno con temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamices normalizados (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, base y tapa).

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se obtuvo la muestra de los agregados separándolos con la malla N°4.
- Las cantidades de la muestra después de secado para el agregado fino es 300gr como mínimo y para el agregado grueso es 5kg como mínimo para un tamaño máximo nominal (TMN) de $\frac{3}{4}$ ".
- Una vez obtenido las muestras de los agregados, se vertió en el juego de tamices correspondientes y se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.
- Se determinó el peso de la muestra retenido en cada tamiz. El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación.



Figura 3.2: Ensayo Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Agregado Grueso.

Tabla 3.2

Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

Análisis granulométrico – agregado fino					
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido (Kg)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N° 4	4.76	0.025	0.68	0.68	99.32
N° 8	2.38	0.624	16.86	17.53	82.47
N° 16	1.19	0.926	25.02	42.55	57.45
N° 30	0.59	0.951	25.69	68.24	31.76
N° 50	0.30	0.790	21.34	89.59	10.41
N° 100	0.149	0.295	7.97	97.56	2.44
N° 200	0.074	0.089	2.40	99.96	0.04
Base Total		0.0015	0.04	100	0.00
		3.702	100.00%		

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 3.3

Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

Análisis granulométrico – agregado grueso					
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido (Kg)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1"	25.4	0.000	0.00%	0.00	100.00
3/4"	19.05	4.075	69.13%	69.13	30.87
1/2"	12.7	0.265	4.50%	73.62	26.38
3/8"	9.525	0.515	8.74%	82.36	17.64
N°4	4.76	1.040	17.64%	100.00	0.00
Total		5.895	100.00%		

Fuente: Elaboración propia (2017).

TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDAR												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90 mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" (50 mm)	1 1/2" (37.5 mm)	1" (25 mm)	3/4" (19 mm)	1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	N°4 (4.75 mm)	N°8 (2.36 mm)	N°16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	----	25 a 60	----	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----	----
2	2 1/2" a 1 1/2"	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----	----
3	2" a 1"	----	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----
357	2" a N°04	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	----	0 a 5	----	----
4	1 1/2" a 3/4"	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----
467	1 1/2" a N°04	----	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	0 a 5	----	----
5	1" a 1/2"	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	----	----	----
56	1" a 3/8"	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	----	----
57	1" a N°04	----	----	----	----	----	100	95 a 100	----	25 a 60	----	0 a 10	0 a 5	----
6	3/4" a 3/8"	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	----	----
67	3/4" a N°04	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	----	20 a 55	0 a 10	0 a 5	----
7	1/2" a N°04	----	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	----
8	3/8" a N°04	----	----	----	----	----	----	----	----	----	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Figura 3.3: Requerimientos de Granulometría de los Agregados Gruesos.

En la siguiente tabla se observa los límites proporcionados por la norma ATM C33 para el Huso N° 57 y la gradación correspondiente al agregado grueso.

Tabla 3.4
Clasificación para el Agregado Grueso, ASTM C33.

Tamices ASTM	Abertura mm	Análisis granulométrico – agregado grueso				HUSO N° 57	
		Peso Retenido (Kg)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% MIN	% MAX
1 1/2"	38.1	0.000	0.00	0.00	100.00	100%	100%
1"	25.4	0.000	0.00	0.00	100.00	95%	100%
3/4"	19.05	4.075	69.13	69.13	30.87		
1/2"	12.7	0.265	4.50	73.62	26.38	25%	60%
3/8"	9.525	0.515	8.74	82.36	17.64		
N°4	4.76	1.040	17.64	100.00	0.00	0%	10%
N°8	2.38	0.000	0.00	100.00	0.00	0%	5%

Fuente: Elaboración propia (2017).

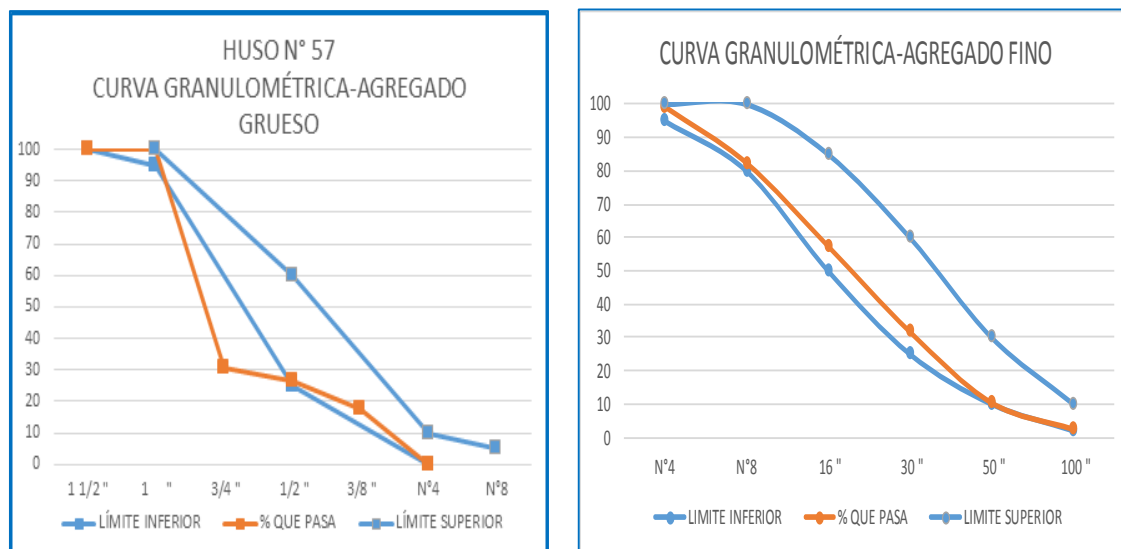


Figura 3.4: Curva Granulométrica del Agregado Grueso y fino.

3.1.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

El peso específico es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en las mezclas. Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes. Se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 205 – 2016; GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C128.

EQUIPO UTILIZADO

- Balanza.
- Estufa que proporcione calor a una intensidad moderada.
- Frasco volumétrico de 500cm³ de capacidad (fiola).
- Molde cónico metálico.
- Varilla para apisonado metálica.
- Bandejas.
- Horno con temperatura constante de 110°C ± 5°C.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se obtuvo una muestra de peso aproximado 1 kg, una vez seca ésta fue colocada en un recipiente y se cubrió con agua dejando reposar durante 24 horas.
- Se procedió a decantar el agua evitando pérdida de finos y se extendió el agregado sobre una bandeja expuesta a una corriente de aire tibio y se removió frecuentemente para el secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.
- A continuación se procedió a colocar en el molde cónico y se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado y se levantó el molde; al observar que el cono de agregado fino mantenía su forma por existencia de humedad, se prosiguió con el secado hasta que el cono se derrumbó al quitar el molde indicando así que se alcanzó una condición de saturado con superficie seca (S.S.S.).
- Se tomó 500gr del material resultante del proceso anterior, se introdujo en la fiola y se determinó su peso; en seguida se llenó de agua aproximadamente hasta un 90% de su capacidad y se retiró el aire atrapado girando el picnómetro y sometiéndolo a baño maría.
- Finalmente se pesó el picnómetro lleno hasta el total de su capacidad, se decantó nuevamente el agua y el agregado fue retirado a una tara para ser secado al horno por 24 horas y también se determinó el peso seco de este material.

CÁLCULO

- Los cálculos se realizaron con las siguientes expresiones:

$$\text{Peso Específico de Masa } \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) P.E. = \frac{A}{S + B - C}$$

$$\text{Peso Específico de los Sólidos } \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) P.E.S. = \frac{S}{S + B - C}$$

$$\%Absorción = \frac{(S - A)}{A}$$

Donde:

S: Peso de la arena S.S.S. (gr)

A: Peso de la arena seca (gr)

B: Peso de la fiola + Peso del agua (gr)

C: Peso de la fiola + Peso de la arena S.S.S. + Peso del agua (gr)



Figura 3.5: Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos.

Tabla 3.5

Datos del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

Datos	
Peso de la arena S.S.S. (gr).....S	500.00
Peso de la arena seca (gr).....A	475.68
Peso de la fiola + Peso del agua (gr).....B	706.81
Peso de la fiola + Peso de la arena S.S.S. + Peso del agua (gr).....C	997.97

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 3.6

Resultados del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

Resultados	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.28
Peso específico de los sólidos (gr/cm ³)	2.39
Porcentaje de absorción	5.11%

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 206 – 2016; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, el cual está basado en la norma ASTM C127.

EQUIPO UTILIZADO

- Horno con temperatura constante de 110°C ± 5°C.
- Balanza.
- Recipientes.
- Probeta graduada.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- De acuerdo al MTC E 206 se obtuvo una muestra representativa de 3kg para un TMN de 3/4", el cual se saturó por 24 horas, pasado este tiempo se retiró el agregado cuidadosamente y se puso sobre un paño absorbente haciéndola rodar hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, seguidamente se tomó un porcentaje de la muestra S.S.S resultante del proceso anterior, con un peso aproximado a 600gr y se pesó.

- A continuación la muestra S.S.S. se introdujo en la probeta graduada y aumentando agua hasta la medida de 1lt, se procedió a pesar. A continuación se decantó el agua, se llevó la muestra al horno para ser secado y así determinar el peso seco.
- Como último paso se llenó la probeta graduada de agua hasta la medida de 1lt y se determinó su peso.

CÁLCULO

- Los cálculos se realizaron con las siguientes expresiones:

$$\text{Peso Específico de Masa } \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) P.E. = \frac{A}{S + B - C}$$

$$\text{Peso Específico de los Sólidos } \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) P.E.S. = \frac{S}{S + B - C}$$

$$\% \text{Absorción} = \frac{(S - A)}{A}$$

Donde:

S: Peso de la muestra S.S.S. (gr)

A: Peso de la muestra seca (gr)

B: Peso de la probeta graduada + Peso del agua (gr)

C: Peso de la probeta graduada + Peso de la muestra S.S.S. + Peso del agua (gr)



Figura 3.6: Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos.

Tabla 3.7

Datos del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

Datos	
Peso de la muestra S.S.S. (gr).....S	654.77
Peso de la muestra seca (gr).....A	640.90
Peso de la probeta graduada + Peso del agua (gr).....B	1561.17
Peso de la probeta graduada + Peso de la arena S.S.S. + Peso del agua (gr).....C	1960.55

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 3.8

Resultados del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

Resultados	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.51
Peso específico de los sólidos (gr/cm ³)	2.56
Porcentaje de absorción	2.16%

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.1.5. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

El presente ensayo nos permitió determinar el peso unitario P.U. suelto y compactado de los agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos; éste método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal T.M.N. 6” (150mm). Se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 203 – 2016; PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS, el cual está basado en la norma ASTM C29.

EQUIPO UTILIZADO

- Balanza con precisión de 0.1%.
- Varilla compactadora de acero de 5/8” de diámetro.
- Recipientes de volúmenes adecuados.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se elige un molde de dimensiones adecuadas, utilizándose para el presente ensayo un molde de briqueta de 15cm x 30cm aproximadamente, por ser el más aproximado a las recomendaciones del ensayo; se tomó su peso y dimensiones para determinar su volumen.
- Para determinar el peso unitario suelto del agregado se dejó caer la muestra con una cuchara desde una altura no mayor a 2” hasta que rebose el recipiente, se enrasó y se determinó su peso.
- Para determinar el peso unitario compactado por apisonado del agregado se colocó el material en tres capas de igual volumen, apisonándose cada capa del agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente una vez colmada la briqueta se enrasó la superficie con la varilla y se determinó el peso del recipiente lleno.

CÁLCULO

- **VOLUMEN DEL MOLDE**

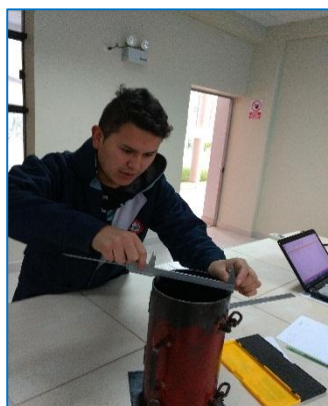


Figura 3.7: Dimensiones del molde cilíndrico.

Tabla 3.9
Dimensiones del molde cilíndrico.

	I	II	III	Promedio
Diámetro (m)...Ø	0.1530	0.1526	0.1525	0.1527
Altura (m).....H	0.3000	0.2995	0.3004	0.2999

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$\text{Área (A)} = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

$$\text{Área (A)} = \frac{\pi * 0.1527^2}{4}$$

$$\text{Área (A)} = 0.0181313m^2$$

$$V_{cilindro} = A * H$$

$$V_{cilindro} = 0.0181313 * 0.2999$$

$$V_{cilindro} = 0.005492m^3$$

• AGREGADO FINO



Figura 3.8: Peso Unitario del Agregado Fino.

Tabla 3.10
Datos del P.U. suelto del Agregado Fino.

	I	II	III	Promedio
Peso del molde (kg).....(A)		4.790		
Peso del molde + Peso de la muestra (kg).....(B)	12.705	12.730	12.730	12.720
Volumen(m3).....(C)		0.005492		

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$P. U_{suelto} = \frac{B - A}{C}$$

$$P.U_{suelto} = \frac{12.720 - 4.79}{0.005492}$$

$$P.U_{suelto} = 1443.92kg/m^3$$

Tabla 3.11

Datos del P.U. compactado del Agregado Fino.

	I	II	III	Promedio
Peso del molde (kg).....(A)			4.790	
Peso del molde + Peso de la muestra (kg).....(B)	13.085	13.560	13.580	13.410
Volumen (m3).....(C)			0.005492	

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$P.U_{compactado} = \frac{B - A}{C}$$

$$P.U_{compactado} = \frac{13.41 - 4.79}{0.005492}$$

$$P.U_{compactado} = 1569.55kg/m^3$$

• AGREGADO GRUESO



Figura 3.9: Peso Unitario del Agregado Grueso.

Tabla 3.12
 Datos del P.U. suelto del Agregado Grueso.

	I	II	III	Promedio
Peso del molde (kg).....(A)			4.790	
Peso del molde + Peso de la muestra (kg).....(B)	12.125	12.010	12.125	12.090
Volumen (m3).....(C)			0.005492	

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$P.U_{suelto} = \frac{B - A}{C}$$

$$P.U_{suelto} = \frac{12.09 - 4.79}{0.005492}$$

$$P.U_{suelto} = 1329.21kg/m^3$$

Tabla 3.13
 Datos del P.U. compactado del Agregado Grueso.

	I	II	III	Promedio
Peso del molde (kg).....(A)			4.790	
Peso del molde + Peso de la muestra (kg).....(B)	13.175	13.150	13.160	13.162
Volumen (m3).....(C)			0.005492	

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$P.U_{compactado} = \frac{B - A}{C}$$

$$P.U_{compactado} = \frac{13.162 - 4.79}{0.005492}$$

$$P.U_{compactado} = 1524.39kg/m^3$$

3.1.6. MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz No 100 y esta cantidad se divide entre 100.

Debe tenerse muy en claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto. (Pasquel, 1999)

En el caso del agregado grueso, hallar un valor muy alto de módulo de fineza indicará que se trata de un agregado, de altos porcentajes de material retenido en las mallas más gruesas, por lo tanto al tener menor superficie específica que cubrir se reducirá la cantidad de pasta de cemento. (Zapata, 2007)

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas estándar: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100. (Abanto, 1995)

CÁLCULO

• AGREGADO FINO

Tabla 3.14
Datos del Agregado Fino.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado
N° 4	4.76	0.025	0.68	0.68
N° 8	2.38	0.624	16.86	17.53
N° 16	1.19	0.926	25.02	42.55
N° 30	0.59	0.951	25.69	68.24
N° 50	0.30	0.790	21.34	89.59
N° 100	0.149	0.295	7.97	97.56
N° 200	0.074	0.089	2.40	99.96

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$m_f = \frac{0.68 + 17.53 + 42.55 + 68.24 + 89.59 + 97.56}{100}$$

$$m_f = 3.16$$

• **AGREGADO GRUESO**

Tabla 3.15
Datos del Agregado Grueso.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado
1 1/2"	38.1	0.000	0.00	0.00
1"	25.4	0.000	0.00	0.00
3/4"	19.05	4.075	69.13	69.13
1/2"	12.7	0.265	4.50	73.62
3/8"	9.525	0.515	8.74	82.36
N°4	4.76	1.040	17.64	100.00
N°8	2.38	0.000	0.00	100.00
N°16	1.19	0.000	0.00	100.00
N°30	0.59	0.000	0.00	100.00
N°50	0.30	0.000	0.00	100.00
N°100	0.149	0.000	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$m_g = \frac{0.00 + 0.00 + 69.13 + 82.36 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00}{100}$$

$$m_g = 7.51$$

3.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Ya conocidas las propiedades de cada uno de los componentes del concreto, podemos combinarlos en proporciones adecuadas buscando así cumplir con las especificaciones solicitadas (resistencia a la compresión y flexión), y tener un comportamiento eficiente ante las condiciones a las que estará expuesto.

El diseño de mezclas se ha realizado por el método del Comité 211 del ACI y el método del Módulo de Fineza, buscando así obtener una mejor combinación de los agregados grueso y fino, estos métodos siguen un procedimiento de diseño de mezclas basadas en algunas tablas, las mismas que permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto.

La resistencia a la compresión de diseño se plantea 210 kg/cm² (a los 28 días), puesto que ésta es considerada como la resistencia mínima en elementos estructurales.

3.2.1. LOS MATERIALES

3.2.1.1. MATERIALES CEMENTANTES

Para la presente investigación se ha utilizado Cemento Portland Tipo IP, marca RUMI con peso específico 2.82 g/cm³. (Ver Anexo 04).

3.2.1.2. AGREGADOS

El agregado fino empleado fue extraído de la cantera Cutimbo. Se han utilizado como agregados gruesos piedra chancada procesada por la empresa “CONSTRUCTORA SURUPANA S.A.C.” provenientes de la cantera Santa Lucia, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 57 (ASTM C 33). Y éstos presentan las siguientes características.

Tabla 3.16
Propiedades de los Agregados.

Descripcion	Agregado fino	Agregado grueso
Tamaño Máximo	N°4	1”
Tamaño Máximo Nominal	-	¾”
Peso Específico (gr/cm ³)	2.28	2.51
Peso Unitario Suelto y seco (gr/cm ³)	1.4439	1.3292
Peso Unitario Compacto y seco (gr/cm ³)	1.5696	1.5244
Contenido de Humedad (%)	7.44	0.75
Absorción (%)	5.11	2.16
Módulo de Fineza	3.16	7.51

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.2.1.3. AGUA

Se usó agua potable de la Ciudad Universitaria (UNA-Puno).

3.2.1.4. FIBRA METÁLICA

Para la presente investigación se incorporó fibra metálica Sika Fiber CHO 65-35-NB, empleándose las siguientes dosificaciones: 20 kg/m³ (0.25%), 30 kg/m³ (0.38%), 40 kg/m³ (0.51%), 50 kg/m³ (0.64%); basándose dichas dosificaciones en la hoja técnica del producto, la cual indica un rango comprendido de 20 a 50 kg/m³ de concreto.

3.2.1.5. FIBRA DE POLIPROPILENO

Para la presente investigación se incorporó fibra de polipropileno Sika Fiber Force PP-48, empleándose las siguientes dosificaciones: 2 kg/m³ (0.22%), 5 kg/m³ (0.54%), 7 kg/m³ (0.76%), 9 kg/m³ (0.98%); basándose dichas dosificaciones en la hoja técnica del producto, la cual indica un rango comprendido de 2 a 9 kg/m³ de concreto.

3.2.2. DISEÑO DE MEZCLA F'C 210 KG/CM² – MÉTODO: COMITÉ 211 DEL ACI

En seguida se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto normal (Concreto Patrón - CP).

a) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Para lo cual se hizo uso de la siguiente tabla:

Tabla 3.17
Asentamientos Recomendados para varios tipos de Construcción.

Tipos de construcción	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto" Pág. 64.

También se consideró la siguiente tabla:

Tabla 3.18
Para Concretos bombeables.

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	Mayor igual a 5"

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto" Pág. 64.

De donde concluimos que de acuerdo a nuestra investigación el revenimiento debe estar comprendido entre 3" a 4".

b) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Para el concreto fibroso, es decir concreto con fibras de diversos materiales (acero, plástico, nylon, etc.) en el diseño de mezclas se usa normalmente agregado de Tamaño Máximo de 3/4” (Pasquel, 1999). Un quinto de la menor dimensión entre caras del encofrado siendo para nuestro caso 1 1/5” (Abanto, 1995).

c) ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, y de la cantidad de aire incorporado utilizando la siguiente tabla 3.19

Esta tabla nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 3.19
Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

Asentamiento o slump	Agua en lt/m3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8”	1/2”	3/4”	1”	1 1/2”	2”	3”	6”
	Concreto sin aire incorporado							
1” a 2”	205	200	185	180	160	155	145	125
3” a 4”	225	215	200	195	175	170	160	140
6” a 7”	240	230	210	205	185	180	170	...
Cantidad aprox. de aire atrapado en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	Concreto con aire incorporado							
1” a 2”	180	175	165	160	145	140	135	120
3” a 4”	200	190	180	175	180	155	150	135
	215	205	190	185	170	165	160	...
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje	8	7	8	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Flavio Abanto Castillo, “Tecnología del Concreto” Pág. 67.

Teniéndose con un tamaño máximo de 3/4” y un slump de 3” a 4”, se puede apreciar una cantidad de 200 lt/m3, con un 2% de aire atrapado.

d) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A/C)

La relación agua-cemento depende de la resistencia promedio. Se calculó la resistencia promedio a partir de una resistencia de diseño f’c es de 210 kg/cm2 cuando

no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores utilizamos la siguiente tabla:

Tabla 3.20
Resistencia Promedio.

$f'c$	$f'cp$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Enrique Riva López, "Diseño de mezclas". Pág. 57.

De donde nuestra resistencia promedio es de: $f'cp = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$. Ahora para el establecimiento de la relación agua cemento hacemos uso de la siguiente tabla:

Tabla 3.21
Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la compresión a los 28 días ($f'cp$) (kg/cm^2)	Relación Agua - cemento de diseño en peso	
	Concreto Sin Aire Incorporado	Concreto Con Aire Incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto". Pág. 68.

Con el valor de $f'cp = 294 \text{ kg/cm}^2$ en la tabla tenemos, por interpolación, que la relación agua - cemento sería:

$f'cp$	a/c
300	0.55
294	x
250	0.62

$$\frac{300 - 250}{294 - 250} = \frac{0.55 - 0.62}{x - 0.62}$$

$$\frac{50}{44} = \frac{-0.07}{x - 0.62}$$

$$x - 0.62 = \frac{-3.08}{50}$$

Luego:
$$x = \frac{a}{c} = 0.558 \cong 0.56$$

e) CÁLCULO DEL CONTENIDO DEL CEMENTO

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (ya obtenido en el ítem c) dividido entre la relación agua-cemento (calculado en el paso anterior), como se indica en la siguiente relación:

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relacion a/c (para f'cp)}}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{200 \text{ (kg/m}^3\text{)}}{0.56}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = 358.2 \text{ kg/m}^3$$

f) CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Según la siguiente tabla el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, depende solamente de su tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino.

Tabla 3.22
Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto.

Tamaño Máximo del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino.			
	Módulo de Fineza del Agregado Fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto". Pág. 71.

Sabiéndose que el Tamaño Máximo del agregado grueso es de 3/4" y el Modulo de Fineza del Agregado Fino es de 3.16, se puede apreciar que el volumen seco y compactado del agregado grueso es de 0.60 m³. Además se conoce el peso unitario seco

y compactado del agregado grueso, que es de 1524.4 kg/m^3 , entonces se puede calcular la cantidad de agregado grueso en kg, mediante la siguiente expresión:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Cantidad de} \\ \text{Ag. Grueso (kg)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Volumen de} \\ \text{Ag. Grueso de la tabla} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{Peso Unitario seco y compactado} \\ \text{del Ag. Grueso en kg/m}^3 \end{array} \right]$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Cantidad de} \\ \text{Ag. Grueso (kg)} \end{array} \right] = 0.60\text{m}^3 \times 1524.4 \text{ kg/m}^3 = 914.63 \text{ kg}$$

g) ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Para la estimación de la cantidad de Ag. Fino por m³ de concreto, se utilizó los dos métodos siguientes:

g.1) MÉTODO DE LOS PESOS

Con el valor de T.M. = 3/4” y para concretos sin aire incorporado de la siguiente tabla:

Tabla 3.23

Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco.

Tamaño Máximo del Agregado Grueso	Primera Estimación del peso del Concreto Fresco en kg/m ³	
	Concreto Sin Aire Incorporado	Concreto Con Aire Incorporado
3/8”	2285	2190
1/2”	2315	2235
3/4”	2355	2280
1”	2375	2315
1 1/2”	2420	2355
2”	2445	2375
3”	2465	2400
6”	2505	2435

Fuente: Flavio Abanto Castillo, “Tecnología del Concreto”. Pág. 73.

Entonces el peso unitario del concreto fresco será 2355 kg/m³

Además sabemos que:

Agua = 200 lt/m³

Cemento = 358.17 kg/m³

Ag. Grueso = 914.63 kg/m³

Entonces el peso del Ag. Fino por m³ de concreto será:

$$\text{Ag. Fino} = 2355 - (200 + 358.17 + 914.63) = 882.2 \text{ kg}$$

g.2) MÉTODO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS

El volumen Absoluto de los materiales por m³ de concreto es:

$$\text{Cemento} = \frac{358.17}{2.82 \times 1000} = 0.127 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{200}{1000} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire Atrapado} = \frac{1 \times 2}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Grueso} = \frac{914.63}{2.51 \times 1000} = 0.3644 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 0.127 + 0.2 + 0.02 + 0.3644 = 0.7114 \text{ m}^3$$

Luego:

$$\text{Vol. Ab. Ag. Fino} = 1 - 0.7114 = 0.2886 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Ag. Fino} = 0.2886(2.28 \times 1000) = 658.00 \text{ kg}$$

Es decir se obtienen:

Tabla 3.24
Pesos de los Materiales por m³ de Concreto.

Materiales	Métodos de los Pesos (kg)	Métodos de los Volúmenes Absolutos (kg)
Cemento	358.17	358.17
Agua de mezclado	200.00	200.00
Ag. Grueso (seco)	914.63	914.63
Ag. Fino (seco)	882.20	658.00

Fuente: Elaboración propia (2017).

Utilizaremos los pesos obtenidos por el método de los Volúmenes Absolutos por ser más exactos.

h) AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Los ajustes por humedad se hicieron en los agregados fino y grueso y en el volumen unitario de agua de mezclado.

Pesos húmedos de los materiales por m³ de concreto.

$$\text{Cemento} = 358.17 \text{ kg.}$$

$$\text{Ag. fino} = 658.00 \times \left(1 + \frac{7.44}{100}\right) = 706.95 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 914.63 \times \left(1 + \frac{0.75}{100}\right) = 921.49 \text{ kg}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 200 - \left[\frac{(7.44 - 5.11)}{100} \times 658.0 + \frac{(0.75 - 2.16)}{100} \times 914.63 \right]$$

$$\text{Agua Efectiva} = 197.6 \text{ lt}$$

Redondeando, las proporciones finales fueron:

$$\text{Cemento} = 358 \text{ kg/m}^3 \text{ (8.4 bolsas)}$$

$$\text{Ag. Fino} = 707 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ag. Grueso} = 921 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua Efectiva} = 197.6 \text{ lt/m}^3$$

i) EXPRESIONES DE LAS PROPORCIONES EN PESO:

$$\text{Cemento} = \frac{358}{358} = 1$$

$$\text{Ag. Fino} = \frac{707}{358} = 1.97$$

$$\text{Ag. Grueso} = \frac{921}{358} = 2.57$$

$$\text{Agua} = \frac{198}{358} = 0.55$$

De donde se tiene las siguientes proporciones del diseño de mezcla en peso por bolsa:

1 : 1.97 : 2.57 : 0.55

3.2.3. DISEÑO DE MEZCLA $f'c$ 210 KG/CM² – MÉTODO: MODULO DE FINEZA

En seguida se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto normal (Concreto Patrón - CP).

a) CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Para el cálculo de la resistencia promedio partiendo de que nuestra resistencia de diseño $f'c$ es de 210 kg/cm² cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores utilizamos la siguiente tabla:

Tabla 3.25
Resistencia Promedio.

$f'c$	$f'cp$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Enrique Rivva López, "Diseño de mezclas". Pág. 57.

De donde nuestra resistencia promedio es de: $f'cp = 210 + 84 = 294$ kg/cm².

b) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

El tamaño máximo nominal del agregado grueso considerado para la presente investigación es de 3/4", siendo el tamaño máximo 1". Un quinto de la menor dimensión entre caras del encofrado siendo para nuestro caso 1 1/5" (Abanto, 1995).

c) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Se ha considerado por conveniente realizar el diseño de mezcla con una consistencia plástica con el fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, teniéndose un revenimiento de 3" a 4".

d) CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

El porcentaje de aire atrapado, para este concreto sin aire incorporado cuyo tamaño máximo nominal es de 3/4", es 2%, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3.26
Contenido de Aire Atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Enrique Rivva López, "Diseño de mezclas". Pág. 85.

e) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Establecemos el volumen unitario de agua haciendo uso de la siguiente tabla:

Tabla 3.27
Volumen Unitario de Agua.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m³, para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Enrique Rivva López, "Diseño de Mezclas". Pág. 71.

El volumen unitario de agua para un Tamaño Máximo Nominal de 3/4", un asentamiento de 3" a 4" y un Agregado Angular es de 204 lt/m³.

f) RELACIÓN AGUA – CEMENTO POR RESISTENCIA

Se determinó según la tabla:

Tabla 3.28
Relación Agua-Cemento por Resistencia.

Resistencia a la compresión a los 28 días	Estimación de la relación agua – cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado.		
	3/8”	3/4”	1 1/2”
140	0.87	0.85	0.80
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.45

Fuente: Enrique Rivva López, “Diseño de Mezclas”. Pág. 92.

Con el valor de $f'_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$ y el Tamaño Máximo Nominal de 3/4” en la tabla tenemos, por interpolación, que la relación agua - cemento sería:

f'_{cp}	a/c
315	0.53
294	x
280	0.58

$$\frac{315 - 280}{294 - 280} = \frac{0.53 - 0.58}{x - 0.58}$$

$$\frac{35}{14} = \frac{-0.05}{x - 0.58}$$

$$x - 0.58 = \frac{-0.7}{35}$$

Luego:

$$x = \frac{a}{c} = 0.56$$

g) RELACIÓN AGUA – CEMENTO POR DURABILIDAD

Para lo cual se empleó la siguiente tabla:

Tabla 3.29
Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos.

Exposición a Sulfatos	Sulfato Soluble en Agua, presente en el Suelo SO ₄ % en peso	Sulfato en Agua, como SO ₄ ppm	Cemento Tipo	Relacion a/c máxima, en peso. En concretos con Agregado de Peso Normal
Despreciable	0.00-0.10	0-150	-	-
Moderada	0.10-0.20	150-1500	1L-1P-1PM	0.50
Severa	0.2-2.00	1500-10000	V	0.45
Muy Severa	Sobre 2.00	Sobre 10000	V + puzolana	0.45

Fuente: Enrique Rivva López, "Diseño de Mezclas". Pág. 102.

Pues como en nuestra investigación la exposición a sulfatos es despreciable, asumimos la relación agua - cemento por resistencia que es de a/c=0.56.

h) FACTOR CEMENTO

El factor cemento de la mezcla es:

$$Factor\ Cemento = \frac{a}{a/c} = \frac{204}{0.56} = 364\ kg/m^3 \cong 8.6\ bolsas/m^3$$

i) VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos integrantes de la pasta es:

Cemento.....	364/(2.82 x 1000) = 0.129	m ³
Agua de diseño.....	204/(1 x 1000)	= 0.204 m ³
Aire atrapado.....	2%	= 0.020 m ³

Volumen absoluto de la pasta..... = 0.353 m³

j) VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

Volumen absoluto del Agregado = 1 – 0.353 = 0.647 m³

k) MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Con un contenido de cemento de 8.6 bolsas por metro cubico y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4", se ha verificado en la siguiente tabla:

Tabla 3.30
Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cubico indicados.			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cubico indicados.			
	6	7	8	9
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Enrique Rivva López, "Diseño de Mezclas". Pág. 121.

Por interpolación se tiene:

Nº de sacos Mod. de fineza de la combinación

$$\left[\begin{array}{cc} 9 & 5.19 \\ \left[\begin{array}{cc} 8.6 & x \end{array} \right] & \\ \left[\begin{array}{cc} 8 & 5.11 \end{array} \right] & \end{array} \right]$$

$$\frac{9 - 8}{8.6 - 8} = \frac{5.19 - 5.11}{x - 5.11}$$

$$\frac{1}{0.6} = \frac{0.08}{x - 5.11}$$

$$x - 5.11 = \frac{0.048}{1}$$

$$m = x = 5.158$$

Luego el módulo de fineza de la combinación de agregados es 5.16

1) CÁLCULO DEL VALOR DE r_f

Con el valor del módulo de fineza de la combinación de agregados, así como con los módulos de fineza de los agregados fino y grueso, que son 3.16 y 7.42 respectivamente, se determinó el porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado. Para ello se aplicó la siguiente ecuación:

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

$$r_f = \frac{7.42 - 5.16}{7.42 - 3.16} \times 100$$

$$r_f = 54.2\%$$

m) CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DEL AGREGADO

Volumen absoluto del:

Agregado fino:..... $0.647 \times 0.542 = 0.350 \text{ m}^3$

Agregado Grueso:..... $0.647 - 0.350 = 0.297 \text{ m}^3$

n) PESOS SECOS DEL AGREGADO

Peso seco del:

Agregado fino:..... $0.350 \times 2.28 \times 1000 = 799 \text{ kg/m}^3$

Agregado Grueso:..... $0.297 \times 2.51 \times 1000 = 744 \text{ kg/m}^3$

o) VALORES DE DISEÑO

Las cantidades de materiales por unidad cúbica de concreto, a ser empleadas como valores de diseño, fueron:

Cemento:..... 364 kg/m^3

Agua de diseño:..... 204 lt/m^3

Agregado Fino seco:..... 799 kg/m^3

Agregado Grueso seco:..... 744 kg/m^3

p) CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso húmedo:

Del Agregado fino:..... $799 \times 1.0744 = 858 \text{ kg/m}^3$

Del Agregado Grueso:..... $744 \times 1.0075 = 750 \text{ kg/m}^3$

Humedad Superficial del:

Agregado fino:..... 7.44 - 5.11 = + 2.33 %

Agregado Grueso:..... 0.75 - 2.16 = - 1.41 %

Aporte de humedad del:

Agregado fino799 x (+ 0.0233) = 19 lt/m3

Agregado Grueso 744 x (- 0.0141) = -10 lt/m3

Aporte de humedad del agregado = + 8 lt/m3

Y el valor del agua efectiva a ser utilizada es.....204 - 8 = 196 lt/m3

Pesos por metro cubico corregidos por humedad

Cemento:.....364 kg/m3

Agua de diseño:.....196 lt/m3

Agregado Fino húmedo:..... 858 kg/m3

Agregado Grueso húmedo:..... 750 kg/m3

q) PROPORCIÓN EN PESO:

Proporción en peso de los materiales sin corregir:

$$\frac{364}{364} : \frac{799}{364} : \frac{744}{364} : \frac{204}{364} = 1 : 2.19 : 2.04 : 0.56$$

Proporción en peso de los materiales corregido por humedad del agregado:

$$\frac{364}{364} : \frac{858}{364} : \frac{750}{364} : \frac{196}{364} = 1 : 2.36 : 2.06 : 0.54$$

3.2.4. PROPORCIÓN DE LA MEZCLA DEFINIDA

Culminados los diseños por el método del comité 211 del ACI y por otro lado el diseño por el método del módulo de fineza, además teniendo en cuenta que en el diseño de mezclas se usa normalmente agregado con granulometrías tendientes a los finos (usualmente la arena es no menos del 50% del total de agregados) para contrarrestar la segregación si se emplean fibras metálicas, por estas consideraciones es que se ha decidido seleccionar el diseño por el método de módulo de fineza (Pasquel, 1999).

Pasamos a calcular en peso todos los materiales necesarios para una tanda de concreto para la elaboración de los especímenes cilíndricos de 6” x 12”, para ser sometidos a los ensayos de compresión y especímenes prismáticos de 6” x 6” x 20” para ser sometidos a los ensayos de flexión.

La incorporación de fibras de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) se realizó en 2, 5, 7 y 9 kg/m³ de concreto, los cuales se presentan, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 3.31
Diseño de Mezclas para grupos de Prueba con fibra sintética.

Materiales	Concreto Normal	Con Fibra Sika Fiber Force PP-48			
	CN	Con 2 kg/m ³ PP48(2)	Con 5 kg/m ³ PP48(5)	Con 7 kg/m ³ PP48(7)	Con 9 kg/m ³ PP48(9)
Cemento	364 kg/m ³	364 kg/m ³	364 kg/m ³	364 kg/m ³	364 kg/m ³
Agregado fino	858 kg/m ³	858 kg/m ³	858 kg/m ³	858 kg/m ³	858 kg/m ³
Agregado grueso	750 kg/m ³	750 kg/m ³	750 kg/m ³	750 kg/m ³	750 kg/m ³
Agua	196 kg/m ³	196 kg/m ³	196 kg/m ³	196 kg/m ³	196 kg/m ³
Sika Fiber Force PP-48	0 kg/m ³	2 kg/m ³	5 kg/m ³	7 kg/m ³	9 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia (2017).

La incorporación de fibras Metálicas (Sika Fiber CHO 65-35NB) se realizó en 20, 30, 40 y 50 kg/m³ de concreto, los cuales se presentan, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 3.32
Diseño de Mezclas para grupos de Prueba con fibra Metálica.

Materiales	Concreto Normal	Con Fibra Sika Fiber CHO 65-35-NB			
	CN	Con 20 kg/m ³ PP48(2)	Con 30 kg/m ³ PP48(5)	Con 40 kg/m ³ PP48(7)	Con 50 kg/m ³ PP48(9)
Cemento	364 kg/m ³	364 kg/m ³	364 kg/m ³	364 kg/m ³	364 kg/m ³
Agregado fino	858 kg/m ³	858 kg/m ³	858 kg/m ³	858 kg/m ³	858 kg/m ³
Agregado grueso	750 kg/m ³	750 kg/m ³	750 kg/m ³	750 kg/m ³	750 kg/m ³
Agua	196 kg/m ³	196 kg/m ³	196 kg/m ³	196 kg/m ³	196 kg/m ³
Sika Fiber CHO 65-35-NB	0 kg/m ³	20 kg/m ³	30 kg/m ³	40 kg/m ³	50 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.3. ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Determinado ya el diseño de mezclas, se procedió con la elaboración de concreto para su respectivo vaciado en los moldes necesarios para realizar los ensayos contemplados a fin de cumplir con los objetivos trazados en la presente investigación. Se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 702 – 2016; ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE HORMIGON (CONCRETO) EN EL LABORATORIO, el cual está basado en la norma ASTM C192 (Anexo 01).

EQUIPO UTILIZADO

- Balanza.
- Moldes cilíndricos.
- Moldes prismáticos.
- Varilla compactadora de 5/8”.
- Mezcladora de 3 p3.
- Herramientas manuales.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- Se realizó el pesaje de cada material componente del concreto normal, concreto con fibra metálica, concreto con fibra de polipropileno; pesándose las fibras en la balanza de precisión.

- Se prepararon los moldes según la cantidad que se requirió por tanda mezclada; también se preparó la mezcladora y herramientas necesarias.
- Se consideró para el concreto normal un ciclo de mezclado comprendido de 2 a 3 minutos, tomándose como punto de inicio la incorporación total de los materiales: agregado grueso, agregado fino, agua y cemento.
- Para el concreto con incorporación de fibra metálica se adiciono un tiempo de mezclado de 30 segundos por cada pie cúbico, para que se distribuya uniformemente tal como recomienda la ficha técnica del producto.
- Para el concreto con incorporación de fibra polipropileno se consideró un ciclo comprendido de 3 a 5 minutos por metro cúbico, para que se distribuya uniformemente tal como recomienda la ficha técnica del producto.
- Concluido el mezclado se procedió a verificar el asentamiento de la mezcla de concreto, para después proceder con el vaciado en los moldes.



Figura 3.10: Proceso de elaboración del concreto normal, con adición de fibras metálicas y fibras de polipropileno.

3.3.1. ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS

Se elaboró las probetas cilíndricas según norma descrita en el Anexo 01, en moldes con dimensiones: 6" de diámetro y 12" de altura. Se realizó la compactación por apisonado (varillado) con una varilla de 5/8" a cada una de las 3 capas, con 25 golpes por cada capa.



Figura 3.11: Elaboración de probetas cilíndricas.

3.3.2. ELABORACIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS

Se elaboró las probetas prismáticas de acuerdo a la normativa descrita en el Anexo 01, con sección de 6" x 6" y una longitud de 20". Se realizó la compactación por apisonado (varillado) con una varilla de 5/8", donde la norma indica dar 1 golpe por cada 2pulg² siendo para el caso un total de 60 golpes por cada una de las dos capas.



Figura 3.12: Elaboración de probetas prismáticas.

3.3.3. CURADO DE LOS ESPECÍMENES

Se realizó el respectivo curado de las probetas cilíndricas y prismáticas, en las pozas del laboratorio de Construcciones y del laboratorio de Mecánica de Suelos, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

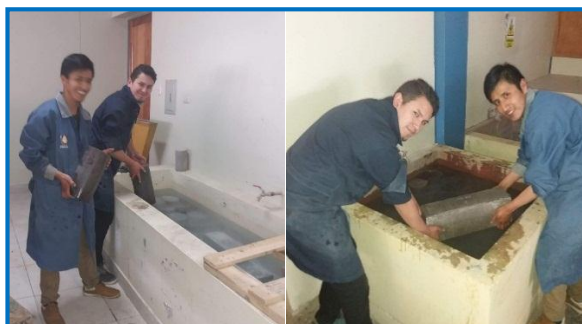


Figura 3.13: Curado de probetas cilíndricas y prismáticas.

3.4. ENSAYOS REALIZADOS

3.4.1. ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO

Obtenido ya el diseño de mezclas se procedió con el vaciado del concreto en los moldes, es en esta etapa que se realizó los ensayos en estado fresco del concreto, con la finalidad de controlar el asentamiento o SLUMP de la mezcla, parámetro principal de control en lo que a la trabajabilidad del concreto respecta.

3.4.1.1. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

Para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud con punta semiesférica. (Abanto, 1995). El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 705-2016 el cual está basado en la norma ASTM C143.

EQUIPO UTILIZADO

- Varilla compactadora de acero de 5/8" de diámetro.

- Cono de Abrams.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- El molde se colocó sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vertió una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisonó con la varilla aplicando 25 golpes distribuidos uniformemente.
- Enseguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de modo que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- La tercera capa se llenó en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levantó lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de 5 segundos.



Figura 3.14: Ensayo de asentamiento del concreto.

3.4.2. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO

La muestra para los siguientes ensayos está conformado por 6 especímenes cilíndricos y 6 especímenes prismáticos por cada clase de concreto; basándose la muestra en el apartado 5.6. Evaluación y aceptación del Concreto, de la norma ACI-318-08 (Anexo 13). Indicando en su sub-apartado 5.6.3.3. que el nivel de resistencia de

una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos siguientes requisitos:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos (06 especímenes) de resistencia consecutivos es igual o superior a la resistencia de diseño.
- Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que la resistencia de diseño por más de 35kg/cm².

3.4.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

El ensayo consistió en la aplicación de una carga axial en la sección superior de la probeta en forma constante hasta alcanzar la rotura del espécimen de prueba, donde la resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste. El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 704-2016 el cual está basado en la norma ASTM C39 (Anexo 02).

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto Castillo, 1994)

EQUIPO UTILIZADO

- Máquina de prueba
- Bloques de acero con caras duras (Anillos con neopreno)

CÁLCULO

La resistencia a la compresión de la probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\pi \times \varnothing^2}{4}$$

$$f'c_{(kg/cm^2)} = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto (kg/cm^2).

P: Carga de rotura (kg).

\varnothing : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

A: Área promedio de la probeta (cm^2).



Figura 3.15: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

3.4.2.2. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

En el presente ensayo se determinó el valor de la resistencia a flexión (Módulo de ruptura) de las probetas prismáticas, aplicándose la carga en los tercios de su luz. El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 709-2016 el cual está basado en la norma ASTM C 78 (Anexo 03).

EQUIPO UTILIZADO

- Máquina de prueba

MUESTRA

Las muestras deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Los lados de la muestra deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies en contacto con los bloques de aplicación de carga y de soporte deben ser suaves y libres de grietas, indotaciones, agujeros o inscripciones.

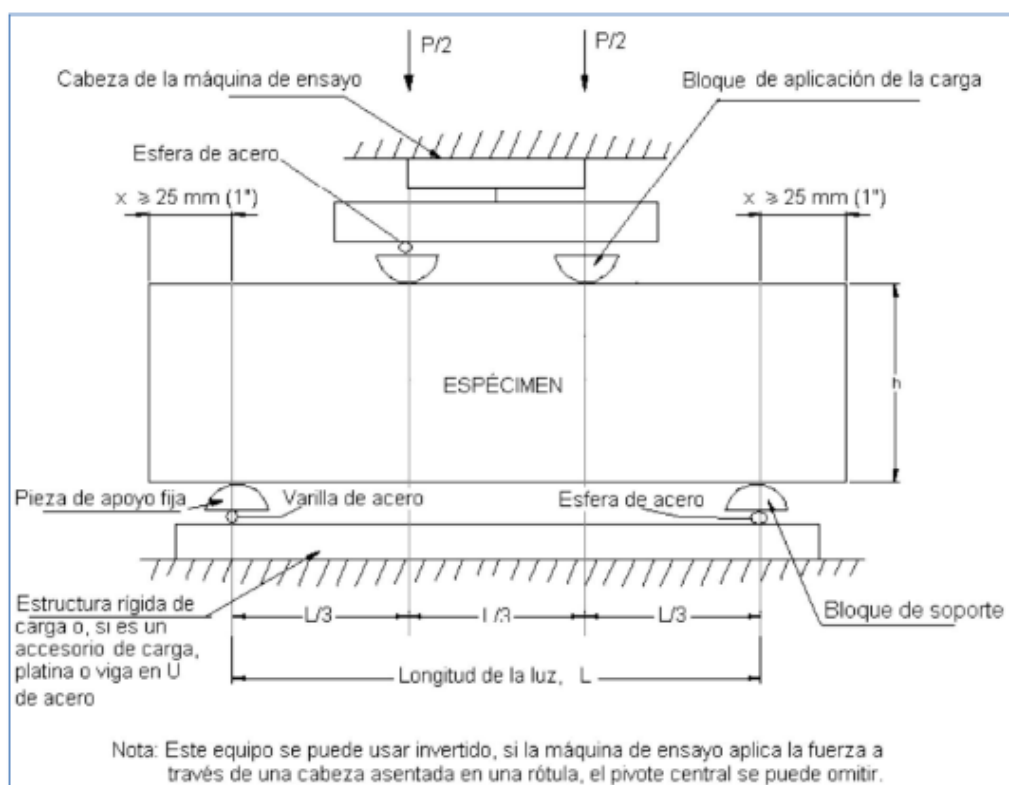


Figura 3.16: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, 2016

CÁLCULO

- Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Donde:

R : Módulo de rotura (psi).

P : Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (lbf).

l : Longitud libre entre apoyos ($pulg$).

b : Ancho promedio de la muestra ($pulg$).

d : Altura promedio de la muestra ($pulg$).

- Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

Donde:

a : Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga.



Figura 3.17: Ensayo de resistencia a la flexión.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO

4.1.1. COMPARACIÓN DE ASENTAMIENTOS DEL CONCRETO

Los asentamientos fueron registrados para el concreto normal (CN), concreto con adición de fibra metálica (CFM) y concreto con adición de fibra de polipropileno (CFP); tomando como promedio el resultante de tres datos por cada tipo como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4.1
Datos de Asentamiento para los Grupos de Control.

Descripción	Cantidad de fibra según el tipo (kg/m ³)	Asentamiento Registrado						Promedio	%
		1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	1 (")	2 (")	3 (")		
CN	0	8.92	9.20	9.06	3.51	3.62	3.57	3.57	100.0
CFM-20	20	8.00	8.64	8.32	3.15	3.40	3.28	3.28	91.8
CFM-30	30	7.47	7.29	7.30	2.94	2.87	2.87	2.90	81.2
CFM-40	40	6.95	6.87	6.91	2.74	2.70	2.72	2.72	76.3
CFM-50	50	4.95	5.21	5.08	1.95	2.05	2.00	2.00	56.1
CFP-2	2	8.79	8.89	8.84	3.46	3.50	3.48	3.48	97.6
CFP-5	5	7.83	7.92	7.88	3.08	3.12	3.10	3.10	86.9
CFP-7	7	6.78	6.55	6.67	2.67	2.58	2.63	2.63	73.6
CFP-9	9	5.66	5.72	5.69	2.23	2.25	2.24	2.24	62.8

Fuente: Elaboración propia (2017).

De la tabla 4.1 se observa que el asentamiento promedio para el concreto normal (CN) es de 3.57", el cual está comprendido entre 3" a 4", cumpliéndose así con el asentamiento del diseño de mezcla, garantizándose una consistencia plástica y de adecuada trabajabilidad.

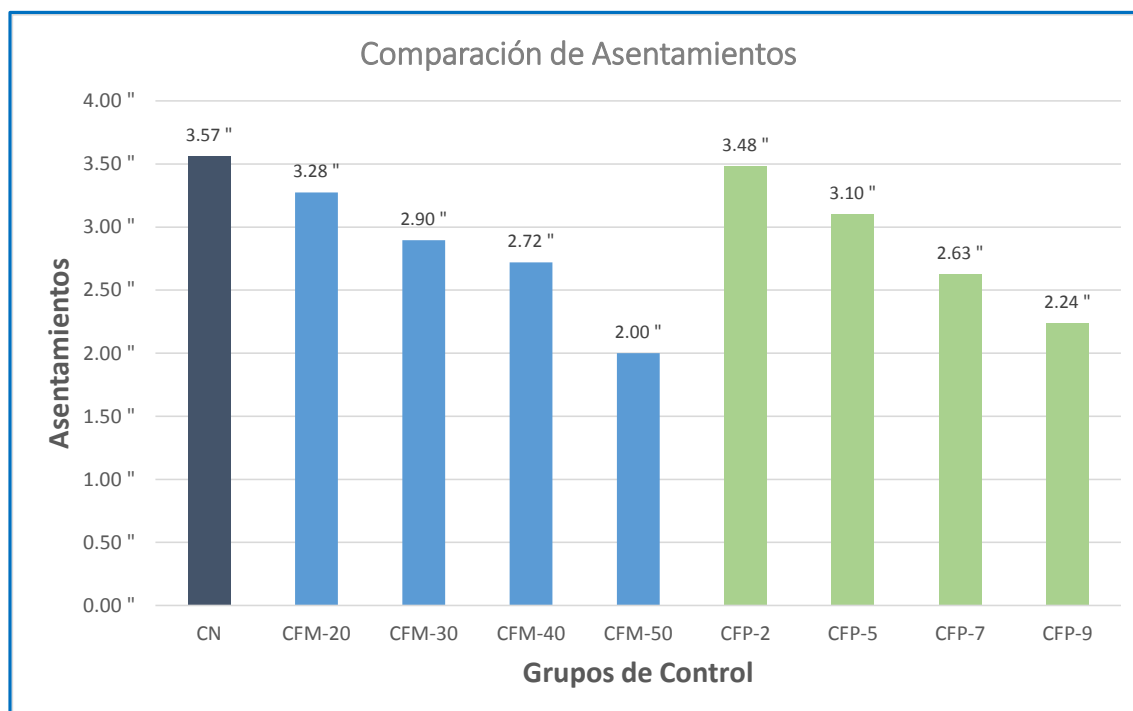


Figura 4.1: Comparación de Asentamientos para el CN, CFM, CFP.

Analizando la Figura 4.1, se observa que la adición de fibras metálicas y fibras de polipropileno, disminuyen el asentamiento con respecto al concreto normal, obteniéndose que:

- El asentamiento promedio del CFM-20 tiene un valor de 3.28", obteniéndose una disminución de 8.2%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".
- El asentamiento promedio del CFM-30 tiene un valor de 2.90", obteniéndose una disminución de 18.8%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".
- El asentamiento promedio del CFM-40 tiene un valor de 2.72", obteniéndose una disminución de 23.7%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".
- El asentamiento promedio del CFM-50 tiene un valor de 2.00", obteniéndose una disminución de 43.9%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".

- El asentamiento promedio del CFP-2 tiene un valor de 3.48", obteniéndose una disminución de 2.4%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".
- El asentamiento promedio del CFP-5 tiene un valor de 3.10", obteniéndose una disminución de 13.1%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".
- El asentamiento promedio del CFP-7 tiene un valor de 2.63", obteniéndose una disminución de 26.4%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".
- El asentamiento promedio del CFP-9 tiene un valor de 2.24", obteniéndose una disminución de 37.2%, con respecto al asentamiento promedio del CN con un valor de 3.57".

Con los datos presentados en la tabla 4.1, se presenta a continuación las curvas de correlación entre las dosificaciones (para el CFM, CFP) y las mediciones de asentamiento en el cono de Abrams. (Figuras 4.2 y 4.3).

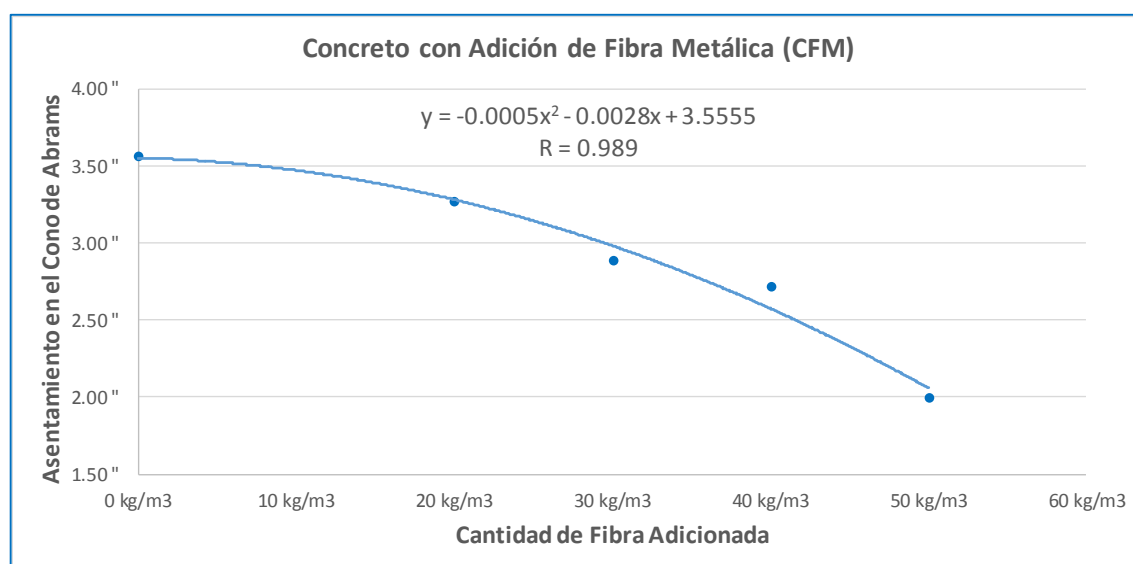


Figura 4.2: Correlación del asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba del CFM.

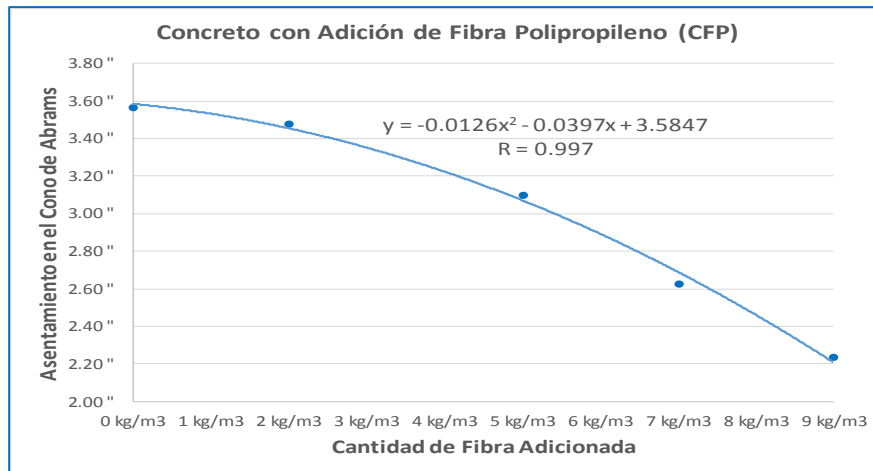


Figura 4.3: Correlación del asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba del CFP.

4.1.1.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos se puede concluir que el concreto con adición de fibras de polipropileno (CFP) disminuye su asentamiento de 2.4% a 37.2% a medida que se va incrementando la dosificación de las fibras por m³. El concreto con adición de fibras metálicas (CFM) disminuye su asentamiento de 8.2% a 43.9% a medida que se va incrementando la dosificación de las fibras por m³. Por lo tanto se puede concluir que el CFP es más trabajable que el CFM.

4.2. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO

4.2.1. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

Los resultados obtenidos en laboratorio se presentan en la tabla 4.2, tanto para el concreto normal (CN), concreto con adición de fibra metálica (CFM) y concreto con adición de fibra polipropileno (CFP).

Tabla 4.2
Datos de la Resistencia a Compresión para los Grupos de Control.

Descripción	Cantidad de fibra según el tipo (kg/m ³)	Edad (días)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia Alcanzada (kg/cm ²)	Resistencia de Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia	Resistencia Promedio	% Resistencia Promedio
CN-01		28	182.18	38147	209.40	210	99.71%		

Descripción	Cantidad de fibra según el tipo (kg/m3)	Edad (días)	Área (cm2)	Fuerza (kg)	Resistencia Alcanzada (kg/cm2)	Resistencia de Diseño (kg/cm2)	% Resistencia	Resistencia Promedio	% Resistencia Promedio
CN-02	0	28	180.50	38290	212.13	210	101.01%	210.52	100.25 %
CN-03		28	182.89	38615	211.13	210	100.54%		
CN-04		28	183.85	38661	210.28	210	100.13%		
CN-05		28	183.97	39109	212.58	210	101.23%		
CN-06		28	183.73	38143	207.60	210	98.86%		
CFM-20-1		20	28	184.46	39858	216.09	210		
CFM-20-2	28		183.49	38777	211.33	210	100.63%		
CFM-20-3	28		184.09	39651	215.38	210	102.56%		
CFM-20-4	28		185.66	40415	217.68	210	103.66%		
CFM-20-5	28		186.02	40393	217.14	210	103.40%		
CFM-20-6	28		183.85	39825	216.61	210	103.15%		
CFM-30-1	30	28	184.09	41740	226.73	210	107.97%	229.23	109.16 %
CFM-30-2		28	181.34	42030	231.78	210	110.37%		
CFM-30-3		28	185.54	43340	233.59	210	111.23%		
CFM-30-4		28	185.90	41810	224.90	210	107.10%		
CFM-30-5		28	185.54	42080	226.80	210	108.00%		
CFM-30-6		28	183.61	42520	231.57	210	110.27%		
CFM-40-1	40	28	183.01	43301	236.60	210	112.67%	217.31	103.48 %
CFM-40-2		28	183.37	38673	210.90	210	100.43%		
CFM-40-3		28	183.85	39432	214.47	210	102.13%		
CFM-40-4		28	181.70	39210	215.80	210	102.76%		
CFM-40-5		28	183.25	39161	213.70	210	101.76%		
CFM-40-6		28	182.53	38768	212.39	210	101.14%		
CFM-50-1	50	28	182.53	32519	178.15	210	84.83%	186.95	89.02 %
CFM-50-2		28	182.41	33509	183.70	210	87.47%		
CFM-50-3		28	183.25	36724	200.40	210	95.43%		
CFM-50-4		28	183.73	32722	178.09	210	84.81%		
CFM-50-5		28	182.89	34420	188.20	210	89.62%		
CFM-50-6		28	182.18	35186	193.14	210	91.97%		
CFP-2-1	2	28	183.97	42710	232.15	210	110.55%	234.67	111.75 %
CFP-2-2		28	182.65	41780	228.74	210	108.92%		
CFP-2-3		28	180.86	43750	241.90	210	115.19%		
CFP-2-4		28	184.82	43480	235.26	210	112.03%		
CFP-2-5		28	183.97	42890	233.13	210	111.01%		
CFP-2-6		28	182.65	43260	236.84	210	112.78%		
CFP-5-1	5	28	181.34	45190	249.20	210	118.67%	246.52	117.39 %
CFP-5-2		28	180.15	45620	253.24	210	120.59%		
CFP-5-3		28	185.30	45890	247.65	210	117.93%		
CFP-5-4		28	182.41	45260	248.12	210	118.15%		
CFP-5-5		28	183.61	43440	236.58	210	112.66%		
CFP-5-6		28	183.85	44920	244.32	210	116.34%		

Descripción	Cantidad de fibra según el tipo (kg/m3)	Edad (días)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia Alcanzada (kg/cm ²)	Resistencia de Diseño (kg/cm ²)	% Resistencia	Resistencia Promedio	% Resistencia Promedio
CFP-7-1	7	28	187.60	39550	210.82	210	100.39%	217.29	103.47 %
CFP-7-2		28	184.33	38580	209.29	210	99.66%		
CFP-7-3		28	181.94	38930	213.98	210	101.89%		
CFP-7-4		28	182.77	40400	221.04	210	105.26%		
CFP-7-5		28	183.97	43120	234.38	210	111.61%		
CFP-7-6		28	182.18	39030	214.24	210	102.02%		
CFP-9-1	9	28	184.94	36500	197.36	210	93.98%	195.02	92.87 %
CFP-9-2		28	182.89	36000	196.84	210	93.73%		
CFP-9-3		28	183.97	35660	193.83	210	92.30%		
CFP-9-4		28	184.33	35500	192.58	210	91.71%		
CFP-9-5		28	187.48	35976	191.90	210	91.38%		
CFP-9-6		28	182.77	36120	197.62	210	94.11%		

Fuente: Elaboración propia (2017).

Se observa en la tabla 4.2, que la resistencia promedio para el concreto normal (CN) es de 210.52kg/cm², cumpliéndose con la resistencia de diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

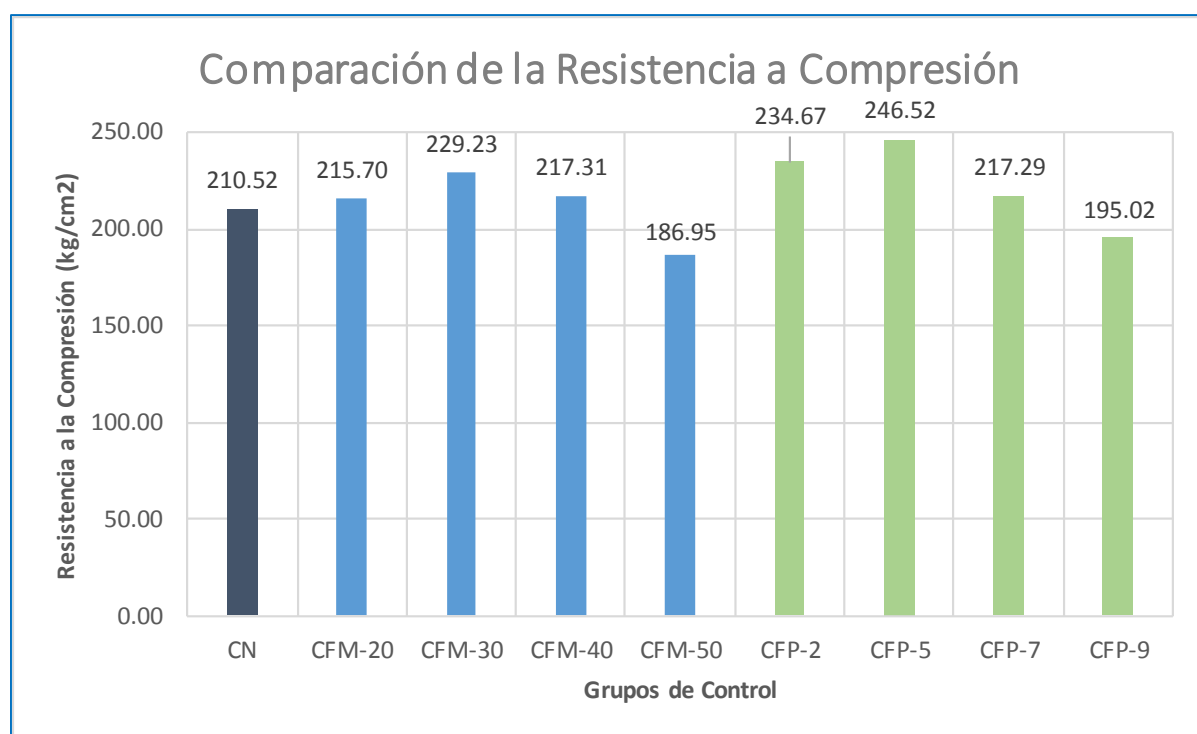


Figura 4.4: Comparación de la Resistencia a Compresión para el CN, CFM, CFP.

Analizando la Figura 4.4, se observa que la adición de fibras metálicas y fibras de polipropileno, aumenta la resistencia a la compresión para ciertas dosificaciones y disminuye para otras con respecto al concreto normal, obteniéndose que:

- La resistencia promedio del CFM-20 tiene un valor de 215.70kg/cm², obteniéndose un aumento de 2.47%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².
- La resistencia promedio del CFM-30 tiene un valor de 229.23kg/cm², obteniéndose un aumento de 8.91%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².
- La resistencia promedio del CFM-40 tiene un valor de 217.31kg/cm², obteniéndose un aumento de 3.23%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².
- La resistencia promedio del CFM-50 tiene un valor de 186.95kg/cm², obteniéndose una disminución de 11.22%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².
- La resistencia promedio del CFP-2 tiene un valor de 234.67kg/cm², obteniéndose un aumento de 11.50%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².
- La resistencia promedio del CFP-5 tiene un valor de 246.52kg/cm², obteniéndose un aumento de 17.14%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².
- La resistencia promedio del CFP-7 tiene un valor de 217.29kg/cm², obteniéndose un aumento de 3.23%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².

- La resistencia promedio del CFP-9 tiene un valor de 195.02kg/cm², obteniéndose una disminución de 7.38%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 210.52kg/cm².

Con los datos presentados en la tabla 4.2, se presenta a continuación las curvas de correlación entre las dosificaciones (para el CFM, CFP) y sus respectivos datos de resistencia a compresión (Figuras 4.5 y 4.6).

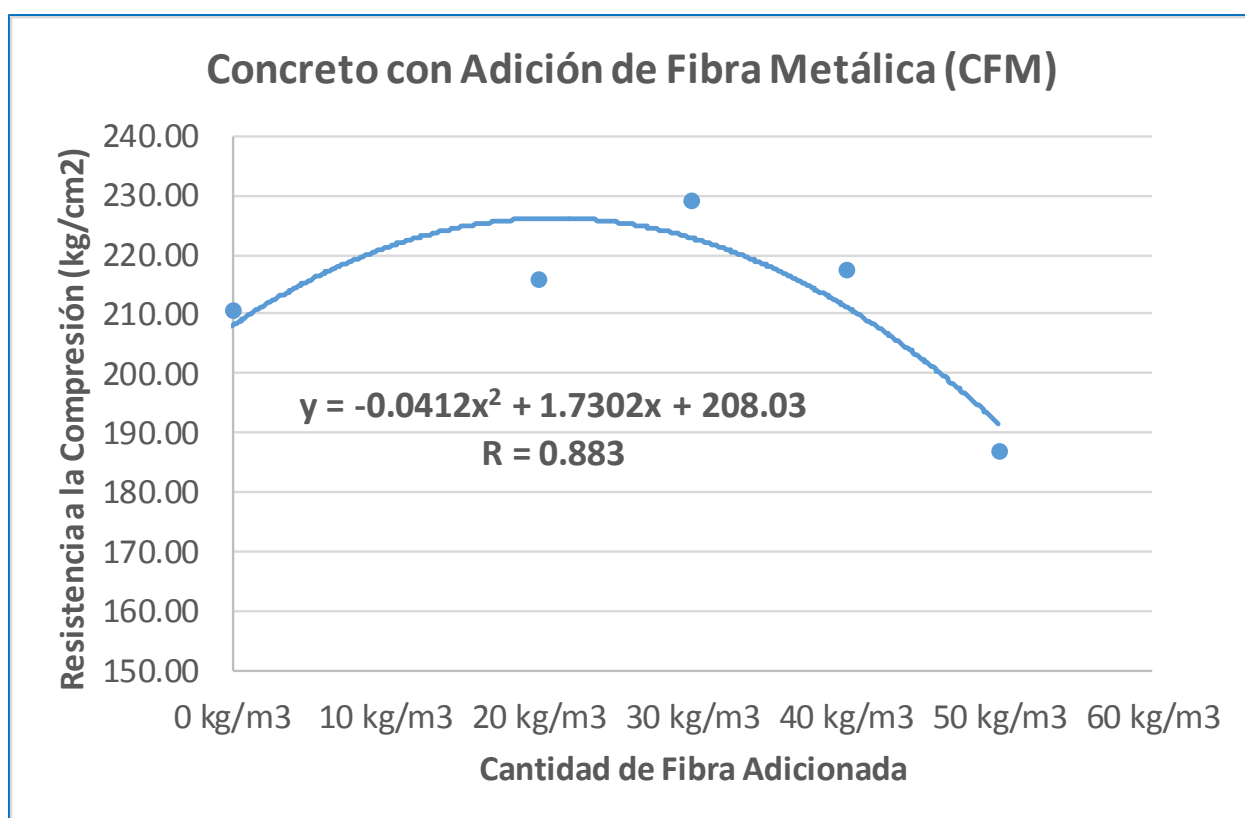


Figura 4.5: Correlación de la Resistencia a Compresión para los grupos de prueba del CFM.

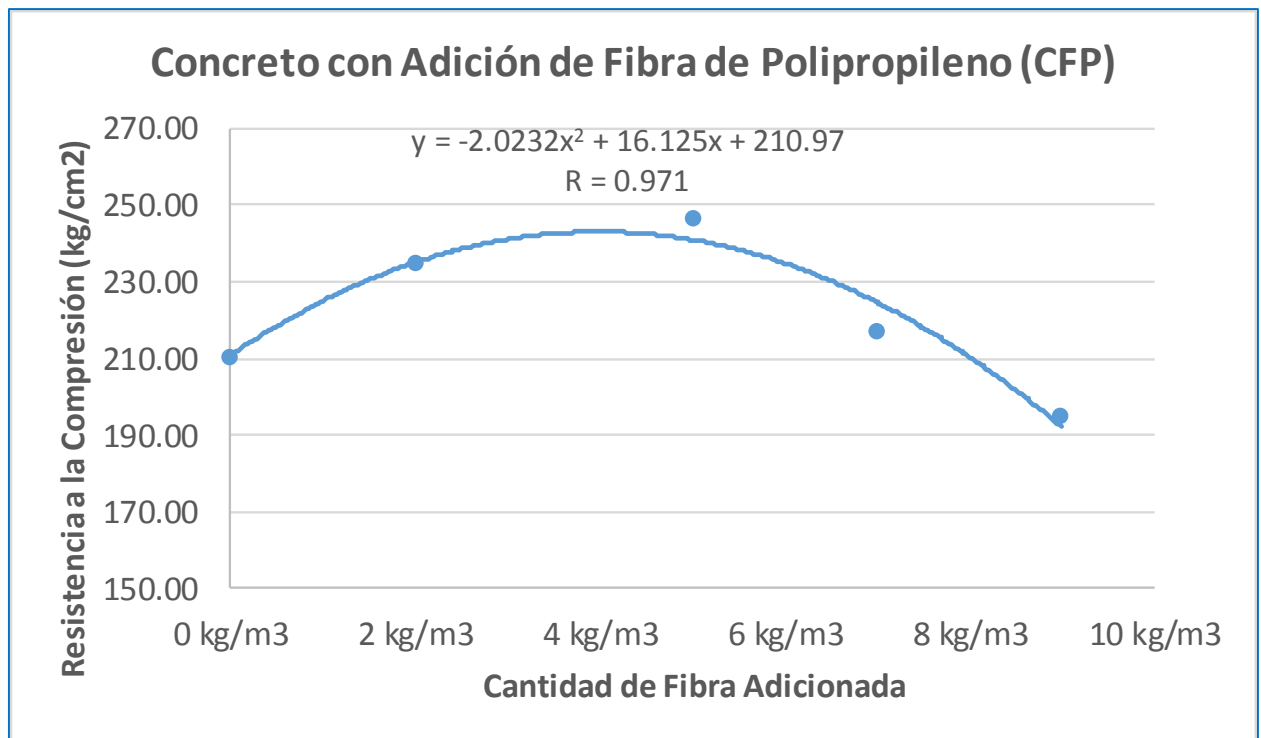


Figura 4.6: Correlación de la Resistencia a Compresión para los grupos de prueba del CFP.

4.2.1.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la resistencia a compresión del concreto con adición de fibras metálicas “CFM” disminuyó hasta 23.57kg/cm² (11.22%) y aumentó hasta 18.71kg/cm² (8.91%), dependiendo del tipo de dosificación, con respecto al concreto normal “CN”.

La resistencia a compresión del concreto con adición de fibras de polipropileno “CFP” disminuyó hasta 15.50kg/cm² (7.38%) y aumentó hasta 36.00kg/cm² (17.14%), dependiendo del tipo de dosificación, con respecto al concreto normal “CN”.

La resistencia a compresión más óptima la obtuvo el CFP, siendo su resistencia mayor en 17.29kg/cm² (8.23%) que la del CFM.

4.2.2. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS

Los resultados obtenidos en laboratorio se presentan en la tabla 4.3, tanto para el concreto normal (CN), concreto con adición de fibra metálica (CFM) y concreto con adición de fibra polipropileno (CFP).

Tabla 4.3

Datos de la Resistencia a la Flexión para los Grupos de Control.

Descripción	Cantidad de fibra según el tipo (kg/m3)	Edad (días)	Base promedio "b" (cm)	Peralte promedio "d" (cm)	Distancia entre Apoyos "L" (cm)	Lectura del Dial P (kg)	Resistencia a la Flexión "R" (kg/cm2)	Resistencia a la Flexión Promedio "R" (kg/cm2)	% Resistencia a la Flexión Promedio
CN-01		28	15.17	15.33	45.72	2120.00	27.18		
CN-02		28	15.12	15.30	45.72	2063.60	26.66		
CN-03	0	28	15.00	15.37	45.72	2084.50	26.91	26.64	100.00%
CN-04		28	15.13	15.27	45.72	2067.50	26.80		
CN-05		28	15.05	15.43	45.72	1983.90	25.30		
CN-06		28	15.10	15.27	45.72	2075.30	26.96		
CFM-20-1		28	15.16	15.43	45.72	2221.50	28.12		
CFM-20-2		28	15.22	15.13	45.72	2029.50	26.64		
CFM-20-3	20	28	15.21	15.29	45.72	2288.40	29.40	28.21	105.92%
CFM-20-4		28	15.13	15.22	45.72	2140.00	27.91		
CFM-20-5		28	15.15	15.20	45.72	2288.80	29.90		
CFM-20-6		28	15.15	15.18	45.72	2084.80	27.30		
CFM-30-1		28	15.14	15.27	45.72	2141.30	27.74		
CFM-30-2		28	15.17	15.23	45.72	2105.90	27.36		
CFM-30-3	30	28	15.19	15.27	45.72	2197.70	28.37	28.59	107.33%
CFM-30-4		28	15.11	15.13	45.72	2291.70	30.28		
CFM-30-5		28	15.14	15.13	45.72	2182.60	28.79		
CFM-30-6		28	15.13	15.18	45.72	2212.30	28.99		
CFM-40-1		28	15.20	15.18	45.72	2221.70	28.99		
CFM-40-2		28	15.15	15.13	45.72	2295.80	30.25		
CFM-40-3	40	28	15.05	15.15	45.72	2218.00	29.36	29.76	111.74%
CFM-40-4		28	15.10	15.13	45.72	2313.30	30.58		
CFM-40-5		28	15.13	15.25	45.72	2264.60	29.42		
CFM-40-6		28	15.10	15.22	45.72	2292.14	29.97		
CFM-50-1		28	15.20	15.00	45.72	2712.15	36.27		
CFM-50-2		28	15.19	15.20	45.72	2620.10	34.13		
CFM-50-3	50	28	15.16	15.28	45.72	2603.40	33.62	34.64	130.06%
CFM-50-4		28	15.12	15.15	45.72	2617.60	34.49		
CFM-50-5		28	15.17	15.30	45.72	2731.20	35.17		
CFM-50-6		28	15.21	15.18	45.72	2618.70	34.18		
CFP-2-1		28	15.10	15.25	45.72	2019.60	26.29		
CFP-2-2	2	28	15.15	15.27	45.72	2084.70	26.99	27.20	102.13%
CFP-2-3		28	15.12	15.43	45.72	2159.40	27.42		

Descripción	Cantidad de fibra según el tipo (kg/m3)	Edad (días)	Base promedio "b" (cm)	Peralte promedio "d" (cm)	Distancia entre Apoyos "L" (cm)	Lectura del Dial P (kg)	Resistencia a la Flexión "R" (kg/cm2)	Resistencia a la Flexión Promedio "R" (kg/cm2)	% Resistencia a la Flexión Promedio
CFP-2-4		28	15.07	15.40	45.72	2111.60	27.02		
CFP-2-5		28	15.07	15.48	45.72	2230.30	28.23		
CFP-2-6		28	15.10	15.23	45.72	2089.60	27.26		
CFP-5-1		28	15.08	15.35	45.72	2035.50	26.19		
CFP-5-2		28	15.07	15.13	45.72	2087.60	27.66		
CFP-5-3	5	28	15.13	15.33	45.72	2278.00	29.27	27.60	103.63%
CFP-5-4		28	15.13	15.27	45.72	2146.50	27.82		
CFP-5-5		28	15.17	15.43	45.72	2117.70	26.80		
CFP-5-6		28	15.10	15.23	45.72	2136.30	27.87		
CFP-7-1		28	15.03	15.38	45.72	2365.90	30.41		
CFP-7-2		28	15.13	15.58	45.72	2533.40	31.52		
CFP-7-3	7	28	15.00	15.33	45.72	2447.60	31.73	30.88	115.95%
CFP-7-4		28	14.97	15.38	45.72	2415.20	31.18		
CFP-7-5		28	15.07	15.47	45.72	2303.50	29.22		
CFP-7-6		28	15.03	15.27	45.72	2395.60	31.26		
CFP-9-1		28	15.17	15.30	45.72	2557.30	32.92		
CFP-9-2		28	15.08	15.48	45.72	2494.10	31.54		
CFP-9-3	9	28	15.13	15.48	45.72	2609.70	32.89	32.85	123.33%
CFP-9-4		28	15.12	15.57	45.72	2548.00	31.80		
CFP-9-5		28	15.07	15.30	45.72	2630.20	34.10		
CFP-9-6		28	15.10	15.23	45.72	2594.60	33.85		

Fuente: Elaboración propia (2017).

En la tabla 4.3, se puede observar que la resistencia a la flexión promedio "R" para el CN es de 26.64kg/cm² (100%).

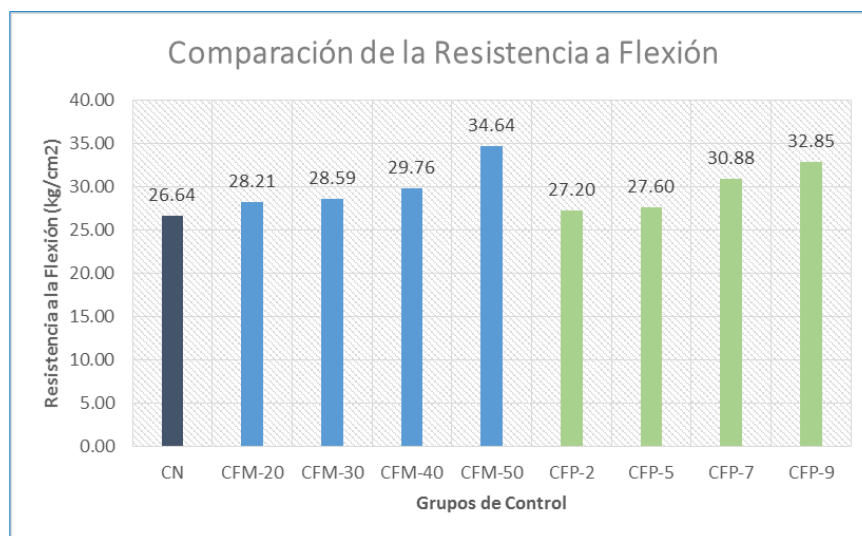


Figura 4.7: Comparación de la Resistencia a Flexión para el CN, CFM, CFP.

Analizando la Figura 4.7, se observa que la adición de fibras metálicas y fibras de polipropileno, incrementan la resistencia a flexión a medida que la dosificación aumenta, obteniéndose que:

- La resistencia a flexión promedio del CFM-20 tiene un valor de 28.21kg/cm², obteniéndose un aumento de 5.92%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².
- La resistencia a flexión promedio del CFM-30 tiene un valor de 28.59kg/cm², obteniéndose un aumento de 7.33%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².
- La resistencia a flexión promedio del CFM-40 tiene un valor de 29.76kg/cm², obteniéndose un aumento de 11.74%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².
- La resistencia a flexión promedio del CFM-50 tiene un valor de 34.64kg/cm², obteniéndose un aumento de 30.06%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².
- La resistencia a flexión promedio del CFP-2 tiene un valor de 27.20kg/cm², obteniéndose un aumento de 2.13%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².
- La resistencia a flexión promedio del CFP-5 tiene un valor de 27.60kg/cm², obteniéndose un aumento de 3.63%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².
- La resistencia a flexión promedio del CFP-7 tiene un valor de 30.88kg/cm², obteniéndose un aumento de 15.95%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².

- La resistencia a flexión promedio del CFP-9 tiene un valor de 32.85kg/cm², obteniéndose un aumento de 23.33%, con respecto a la resistencia promedio del CN con un valor de 26.64kg/cm².

Con los datos presentados en la tabla 4.3, se presenta a continuación las curvas de correlación entre las dosificaciones (para el CFM, CFP) y sus respectivos datos de resistencia a flexión (Figuras 4.8 y 4.9).

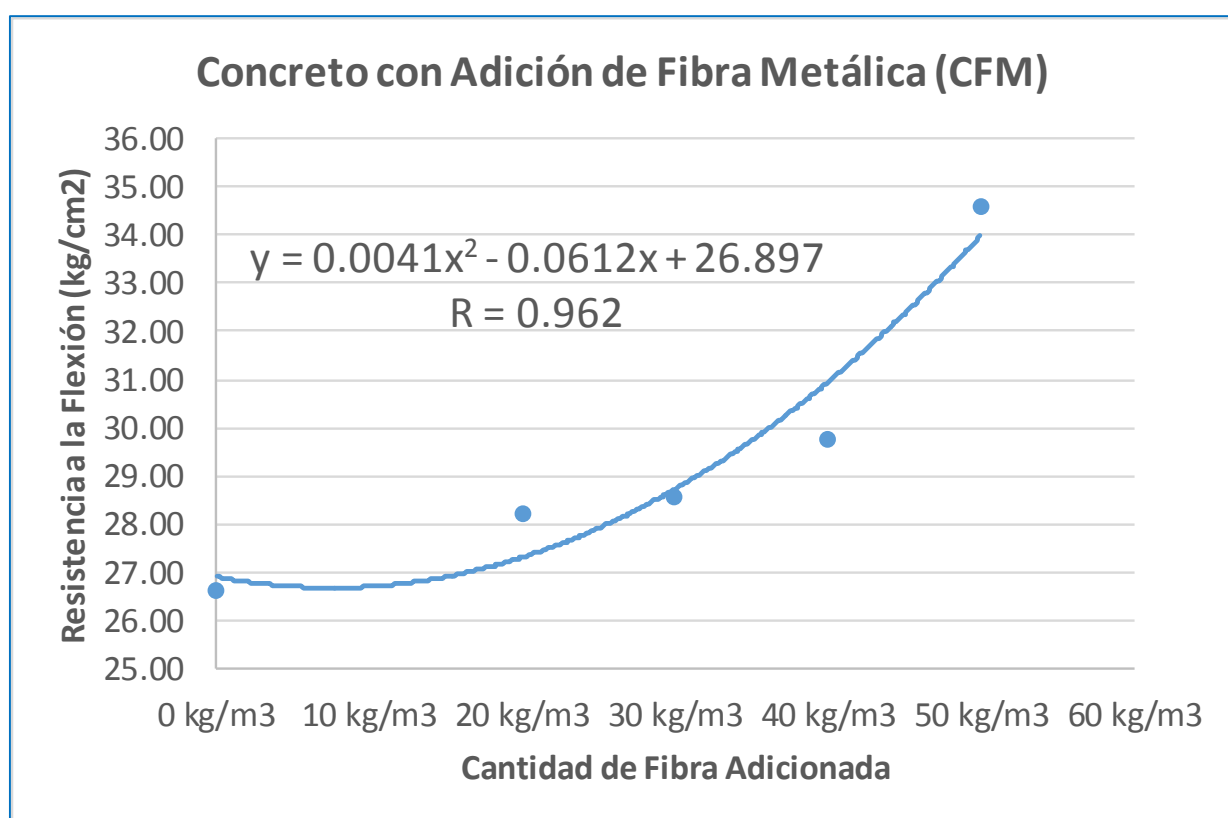


Figura 4.8 Correlación de la Resistencia a Flexión para los grupos de prueba de CFM.

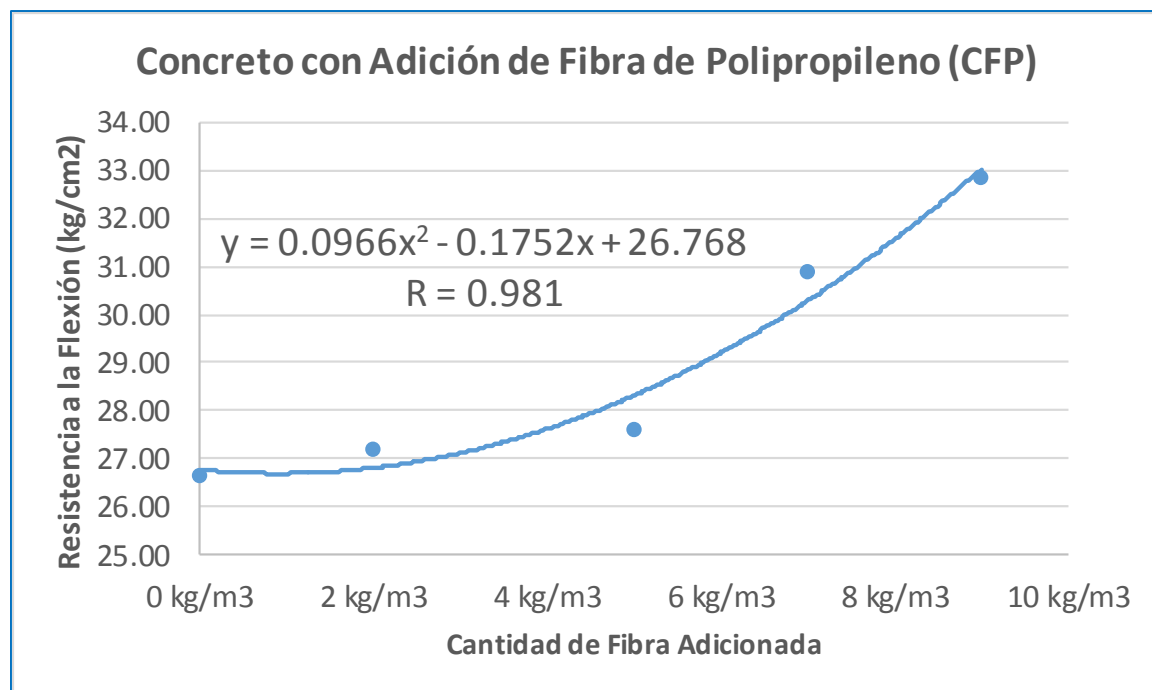


Figura 4.9 Correlación de la Resistencia a Compresión para los grupos de prueba del CFP.

4.2.2.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la resistencia a flexión del concreto con adición de fibras metálicas “CFM” aumento de 1.52kg/cm² (5.92%) a 8.01kg/cm² (30.60%), a medida que se aumenta la dosificación por m³, con respecto al concreto normal “CN”.

La resistencia a flexión del concreto con adición de fibras de polipropileno “CFP” aumento de 0.57kg/cm² (5.92%) a 6.21kg/cm² (23.33%), a medida que se aumenta la dosificación por m³, con respecto al concreto normal “CN”.

La resistencia a flexión más óptima la obtuvo el CFM, siendo su resistencia a flexión mayor en 1.79kg/cm² (6.73%) que la del CFP.

4.3. ANÁLISIS DE COSTOS

Es importante tener en consideración el tema de los costos durante el desarrollo de cualquier construcción. Si una solución en particular de un proyecto requiere costos

excesivos, se buscará una solución que proporcione costos no tan elevados. Con el propósito de obtener los costos unitarios para los materiales, se realizaron cotizaciones:

- La cotización de la fibra metálica y fibra de polipropileno empleada se presenta en el Anexo 11.

(Precios actualizados a agosto del 2017 – Ciudad de Juliaca).

- Las cotizaciones de los agregados fino y grueso se muestran en la Tabla 4.4

(Precios actualizados a agosto del 2017 – Ciudad de Puno).

Tabla 4.4
Costo de los Agregados.

Tipo de material	Cantidad (m3)	Costos (S/.) Cotización N° 1	Costos (S/.) Cotización N° 2	Costos (S/.) Cotización N° 3	Costo promedio	Costo por m3
A. Fino	13	430	450	450	S/. 443.33	S/. 34.10
A. Grueso	13	516	521	523	S/. 520	S/. 40

Fuente: Elaboración propia (2017).

En las tablas 4.5 a la 4.13 se muestran los costos unitarios de materiales de cada uno de los concretos elaborados en este estudio.

Tabla 4.5
Costo unitario de materiales para concreto de diseño - CN.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Costo Unitario de materiales				212.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.6
Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-20.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras Metálicas	kg	20	8.50	170.00
Costo Unitario de materiales				382.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.7

Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-30.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras Metálicas	kg	30	8.50	255.00
Costo Unitario de materiales				467.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.8

Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-40.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras Metálicas	kg	40	8.50	340.00
Costo Unitario de materiales				552.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.9

Costo unitario de materiales para concreto experimental CFM-50.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras Metálicas	kg	50	8.50	425.00
Costo Unitario de materiales				637.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.10

Costo unitario de materiales para concreto experimental CFP-2.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras de Polipropileno	kg	2	20.00	40.00
Costo Unitario de materiales				252.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.11

Costo unitario de materiales para concreto experimental CFP-5.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras de Polipropileno	kg	5	20.00	100.00
Costo Unitario de materiales				312.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.12

Costo unitario de materiales para concreto experimental CFP-7.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras de Polipropileno	kg	7	20.00	140.00
Costo Unitario de materiales				352.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

Tabla 4.13

Costo unitario de materiales para concreto experimental CFP-9.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.571	21.80	186.85
Agregado Fino	m3	0.376	34.10	12.82
Agregado Grueso	m3	0.299	40.00	11.96
Agua	m3	0.196	4.79	0.94
Fibras de Polipropileno	kg	9	20.00	180.00
Costo Unitario de materiales				392.57

Fuente: Elaboración propia (2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se presenta la siguiente el siguiente gráfico:

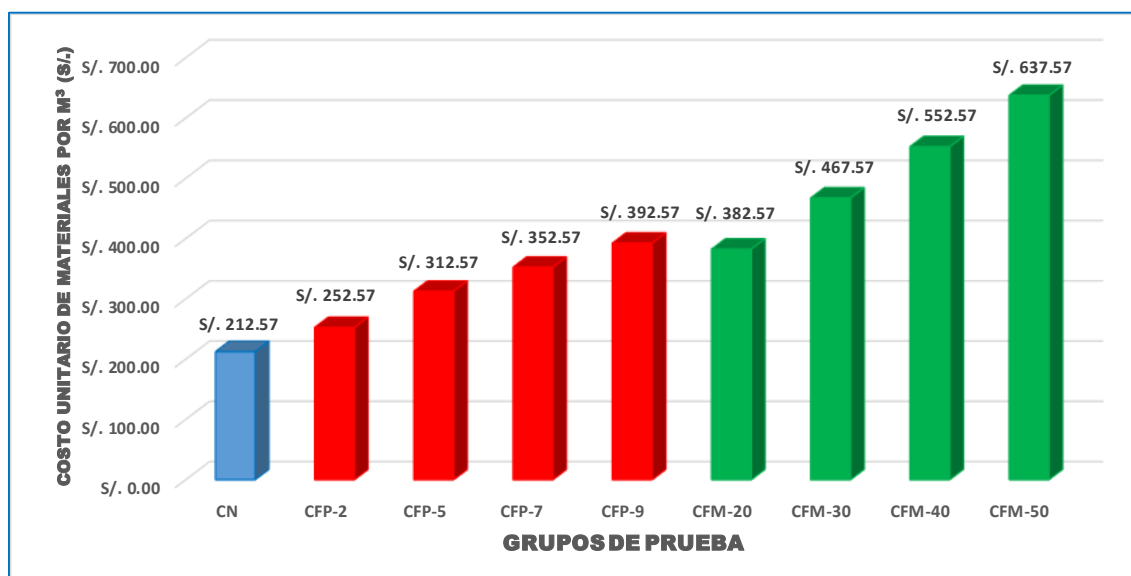


Figura 4.10 Evaluación del costo unitario de materiales, para todos los grupos de prueba.

Analizando los datos de la Figura 4.10, se puede notar que los resultados de costo unitario de materiales se incrementan conforme la cantidad de fibra de polipropileno por metro cúbico de concreto aumenta, también se puede notar que los resultados de costo unitario de materiales se incrementan considerablemente conforme la cantidad de fibra metálica por metro cúbico de concreto aumenta teniéndose que:

- El concreto $f'c$ 210 kg/cm² (CN), presenta un costo unitario de materiales de S/ 212.57.
- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 2 kg/m³ “CFP-2”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 252.57, y representa el 118.82% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 18.82%.
- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 5 kg/m³ “CFP-5”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 312.57, y representa el 147.04% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 47.04%.

- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 7 kg/m^3 “CFP-7”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 352.57, y representa el 165.86% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 65.86%.
- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 9 kg/m^3 “CFP-9”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 392.57, y representa el 184.68% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 84.68%.
- El concreto con adición de fibras metálicas en 20 kg/m^3 “CFM-20”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 382.57, y representa el 179.97% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 79.97%.
- El concreto con adición de fibras metálicas en 30 kg/m^3 “CFM-30”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 467.57, y representa el 219.96% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 119.96%.
- El concreto con adición de fibras metálicas en 40 kg/m^3 “CFM-40”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 552.57, y representa el 259.95% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 159.95%.
- El concreto con adición de fibras metálicas en 50 kg/m^3 “CFM-50”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 637.57, y representa el 299.94% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 199.94%.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Por lo tanto, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) en el concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 incrementa el costo unitario de materiales (desde un 18.82% hasta un 84.68%, según la cantidad de fibra). Por otro lado la incorporación de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) en el concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 incrementa considerablemente el costo unitario de materiales (desde un 79.97% hasta un 199.94%, según la cantidad de fibra).

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO NORMAL (CN).

Tabla 4.14
Análisis Estadístico CN-Resistencia a la Compresión -28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CP-01	209.40	-1.12	1.26
CP-02	212.13	1.61	2.59
CP-03	211.13	0.61	0.37
CP-04	210.28	-0.24	0.06
CP-05	212.58	2.06	4.25
CP-06	207.60	-2.92	8.54

Fuente: Elaboración propia (2017).

n	=	6
$\sum X$	=	1263.13
\bar{X}	=	210.52
$\sum (Xn-\bar{X})^2$	=	17.07
S	=	1.85
C.V	=	0.88%

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 1.85 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 0.88\% \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$C.V < 2\%$$

4.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20.

Tabla 4.15
Análisis Estadístico CFM-20 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CFM-20-1	216.09	0.38	0.15
CFM-20-2	211.33	-4.38	19.17
CFM-20-3	215.38	-0.32	0.10
CFM-20-4	217.68	1.98	3.90
CFM-20-5	217.14	1.43	2.05
CFM-20-6	216.61	0.91	0.82

Fuente: *Elaboración propia (2017).*

$$n = 6$$

$$\sum X = 1294.22$$

$$\bar{X} = 215.70$$

$$\sum (Xn-\bar{X})^2 = 26.20$$

$$S = 2.29$$

$$C.V = 1.06\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 2.29 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 1.06\% \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$C.V < 2\%$$

4.4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30.

Tabla 4.16
Análisis Estadístico CFM-30 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CFM-30-1	226.73	-2.50	6.23
CFM-30-2	231.78	2.55	6.49
CFM-30-3	233.59	4.36	19.01
CFM-30-4	224.90	-4.33	18.71
CFM-30-5	226.80	-2.43	5.91
CFM-30-6	231.57	2.34	5.50

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 1375.369582$$

$$\bar{X} = 229.23$$

$$\sum (Xn-\bar{X})^2 = 61.85$$

$$S = 3.52$$

$$C.V = 1.53\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 3.52 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 1.53\% \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$C.V < 2\%$$

**4.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN –
CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40.**

Tabla 4.17
Análisis Estadístico CFM-40 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CFM-40-1	236.60	19.29	372.12
CFM-40-2	210.90	-6.41	41.11
CFM-40-3	214.47	-2.83	8.04
CFM-40-4	215.80	-1.51	2.28
CFM-40-5	213.70	-3.61	13.04
CFM-40-6	212.39	-4.92	24.23

Fuente: Elaboración propia (2017).

n	=	6
$\sum X$	=	1303.856351
\bar{X}	=	217.31
$\sum (Xn-\bar{X})^2$	=	460.82
S	=	9.60
C.V	=	4.42%

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	9.60 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	4.42% (Suficiente), ya que:
C.V	<	5%

4.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50.

Tabla 4.18
Análisis Estadístico CFM-50 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CFM-50-1	178.15	-8.79	77.35
CFM-50-2	183.70	-3.25	10.57
CFM-50-3	200.40	13.45	180.97
CFM-50-4	178.09	-8.85	78.37
CFM-50-5	188.20	1.25	1.56
CFM-50-6	193.14	6.20	38.39

Fuente: Elaboración propia (2017).

n	=	6
$\sum X$	=	1121.684427
\bar{X}	=	186.95
$\sum (Xn-\bar{X})^2$	=	387.21
S	=	8.80
C.V	=	4.71%

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	8.80 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	4.71% (Suficiente), ya que:
C.V	<	5%

**4.4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN –
CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2.**

Tabla 4.19
Análisis Estadístico CFP-2 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CFP-2-1	232.15	-2.52	6.34
CFP-2-2	228.74	-5.93	35.19
CFP-2-3	241.90	7.23	52.23
CFP-2-4	235.26	0.59	0.35
CFP-2-5	233.13	-1.54	2.37
CFP-2-6	236.84	2.17	4.71

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 1408.02$$

$$\bar{X} = 234.67$$

$$\sum (Xn-\bar{X})^2 = 101.19$$

$$S = 4.50$$

$$C.V = 1.92\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 4.50 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 1.92\% \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$C.V < 2\%$$

4.4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-5.

Tabla 4.20
Análisis Estadístico CFP-5 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CFP-5-1	249.20	2.68	7.19
CFP-5-2	253.24	6.72	45.12
CFP-5-3	247.65	1.13	1.29
CFP-5-4	248.12	1.60	2.55
CFP-5-5	236.58	-9.94	98.72
CFP-5-6	244.32	-2.20	4.82

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 1479.12$$

$$\bar{X} = 246.52$$

$$\sum (Xn-\bar{X})^2 = 159.69$$

$$S = 5.65$$

$$C.V = 2.29\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 5.65 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 2.29\% \text{ (Muy Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 3\%$$

**4.4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN –
CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7.**

Tabla 4.21
Análisis Estadístico CFP-7 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFP-7-1	210.82	-6.47	41.85
CFP-7-2	209.29	-8.00	63.99
CFP-7-3	213.98	-3.32	11.00
CFP-7-4	221.04	3.75	14.03
CFP-7-5	234.38	17.09	292.01
CFP-7-6	214.24	-3.05	9.29

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 1303.76$$

$$\bar{X} = 217.29$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 432.18$$

$$S = 9.30$$

$$C.V = 4.28\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 9.30 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 4.28\% \text{ (Suficiente), ya que:}$$

$$C.V < 5\%$$

4.4.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9.

Tabla 4.22
Análisis Estadístico CFP-9 Resistencia a la Compresión a 28 días.

Muestra	X	X- \bar{X}	(Xn- \bar{X}) ²
CFP-9-1	197.36	2.34	5.49
CFP-9-2	196.84	1.81	3.29
CFP-9-3	193.83	-1.19	1.42
CFP-9-4	192.58	-2.44	5.94
CFP-9-5	191.90	-3.13	9.77
CFP-9-6	197.62	2.60	6.75

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 1170.13$$

$$\bar{X} = 195.02$$

$$\sum (Xn-\bar{X})^2 = 32.66$$

$$S = 2.56$$

$$C.V = 1.31\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 2.56 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 1.31\% \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$C.V < 2\%$$

4.4.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO NORMAL (CN).

Tabla 4.23
Análisis Estadístico CN Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CN-01	27.18	0.55	0.30
CN-02	26.66	0.03	0.00
CN-03	26.91	0.27	0.07
CN-04	26.80	0.16	0.03
CN-05	25.30	-1.33	1.78
CN-06	26.96	0.32	0.11

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 159.81$$

$$\bar{X} = 26.64$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 2.28$$

$$S = 0.68$$

$$C.V = 2.54\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 0.68 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 2.54\% \text{ (Muy Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 3\%$$

4.4.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20.

Tabla 4.24
Análisis Estadístico CFM-20 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFM-20-1	28.12	-0.09	0.01
CFM-20-2	26.64	-1.57	2.46
CFM-20-3	29.40	1.19	1.42
CFM-20-4	27.91	-0.30	0.09
CFM-20-5	29.90	1.68	2.83
CFM-20-6	27.30	-0.91	0.83

Fuente: *Elaboración propia (2017).*

n	=	6
$\sum X$	=	169.28
\bar{X}	=	28.21
$\sum (X_n - \bar{X})^2$	=	7.64
S	=	1.24
C.V	=	4.38%

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	1.24 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	4.38% (Suficiente), ya que:
C.V	<	5%

4.4.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30.

Tabla 4.25
Análisis Estadístico CFM-30 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFM-30-1	27.74	-0.85	0.72
CFM-30-2	27.36	-1.23	1.52
CFM-30-3	28.37	-0.21	0.05
CFM-30-4	30.28	1.70	2.88
CFM-30-5	28.79	0.20	0.04
CFM-30-6	28.99	0.40	0.16

Fuente: *Elaboración propia (2017).*

$$n = 6$$

$$\sum X = 171.53$$

$$\bar{X} = 28.59$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 5.37$$

$$S = 1.04$$

$$C.V = 3.62\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 1.04 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 3.62\% \text{ (Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 4\%$$

**4.4.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN –
CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40.**

Tabla 4.26
Análisis Estadístico CFM-40 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFM-40-1	28.99	-0.77	0.60
CFM-40-2	30.25	0.49	0.24
CFM-40-3	29.36	-0.41	0.16
CFM-40-4	30.58	0.82	0.68
CFM-40-5	29.42	-0.34	0.12
CFM-40-6	29.97	0.21	0.04

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 178.57$$

$$\bar{X} = 29.76$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 1.84$$

$$S = 0.61$$

$$C.V = 2.04\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 0.61 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 2.04\% \text{ (Muy Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 3\%$$

4.4.14. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50.

Tabla 4.27
Análisis Estadístico CFM-50 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFM-50-1	36.27	1.62	2.63
CFM-50-2	34.13	-0.52	0.27
CFM-50-3	33.62	-1.02	1.04
CFM-50-4	34.49	-0.15	0.02
CFM-50-5	35.17	0.53	0.28
CFM-50-6	34.18	-0.46	0.21

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 207.85$$

$$\bar{X} = 34.64$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 4.46$$

$$S = 0.94$$

$$C.V = 2.73\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 0.94 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 2.73\% \text{ (Muy Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 3\%$$

**4.4.15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN –
CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2.**

Tabla 4.28
Análisis Estadístico CFP-2 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFP-2-1	26.29	-0.91	0.83
CFP-2-2	26.99	-0.21	0.04
CFP-2-3	27.42	0.22	0.05
CFP-2-4	27.02	-0.19	0.03
CFP-2-5	28.23	1.03	1.06
CFP-2-6	27.26	0.06	0.00

Fuente: *Elaboración propia (2017).*

$$n = 6$$

$$\sum X = 163.22$$

$$\bar{X} = 27.20$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 2.01$$

$$S = 0.63$$

$$C.V = 2.33\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 0.63 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 2.33\% \text{ (Muy Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 3\%$$

4.4.16. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-5.

Tabla 4.29
Análisis Estadístico CFP-5 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFP-5-1	26.19	-1.42	2.01
CFP-5-2	27.66	0.06	0.00
CFP-5-3	29.27	1.67	2.79
CFP-5-4	27.82	0.22	0.05
CFP-5-5	26.80	-0.80	0.64
CFP-5-6	27.87	0.27	0.07

Fuente: Elaboración propia (2017).

$$n = 6$$

$$\sum X = 165.62$$

$$\bar{X} = 27.60$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 5.56$$

$$S = 1.05$$

$$C.V = 3.82\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 1.05 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 3.82\% \text{ (Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 4\%$$

4.4.17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN – CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7.

Tabla 4.30
Análisis Estadístico CFP-7 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFP-7-1	30.41	-0.48	0.23
CFP-7-2	31.52	0.63	0.40
CFP-7-3	31.73	0.85	0.72
CFP-7-4	31.18	0.29	0.09
CFP-7-5	29.22	-1.66	2.77
CFP-7-6	31.26	0.37	0.14

Fuente: *Elaboración propia (2017).*

n	=	6
$\sum X$	=	185.31
\bar{X}	=	30.88
$\sum (X_n - \bar{X})^2$	=	4.34
S	=	0.93
C.V	=	3.02%

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	0.93 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	3.02% (Bueno), ya que:
C.V	<	4%

**4.4.18. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN –
CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9.**

Tabla 4.31
Análisis Estadístico CFP-9 Resistencia a la Flexión "R" a 28 días.

Muestra	X_n	$X_n - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFP-9-1	32.92	0.07	0.00
CFP-9-2	31.54	-1.31	1.71
CFP-9-3	32.89	0.04	0.00
CFP-9-4	31.80	-1.05	1.10
CFP-9-5	34.10	1.25	1.55
CFP-9-6	33.85	1.00	1.01

Fuente: *Elaboración propia (2017).*

$$n = 6$$

$$\sum X = 197.10$$

$$\bar{X} = 32.85$$

$$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 5.37$$

$$S = 1.04$$

$$C.V = 3.16\%$$

Según la tabla 2.2 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 1.04 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 3.16\% \text{ (Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 4\%$$

4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.32
Parámetros de interés del CN y CFM-20.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	215.70
Desviación Estándar (S)	1.85	2.29

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula H_0 : $\mu_2 \leq \mu_1$ Hipótesis Alternativa H_1 : $\mu_2 > \mu_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar H_0 : $\mu_2 \leq \mu_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza H_1 : $\mu_2 > \mu_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$S_p = 2.08$$

$$t_p = -4.31$$

e. CONCLUSIÓN.

"Se Rechaza H_0 "

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$ $-4.31 < -1.812$ se concluye que la adición de 20 kg de Fibra Metálica si mejora la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.33
Parámetros de interés del CN y CFM-30.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	229.23
Desviación Estándar (S)	1.85	3.52

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_\alpha=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_\alpha$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$S_p = 2.81 \quad t_p = -11.53$$

e. CONCLUSIÓN. "Se Rechaza H_0 "

Puesto que: $t_p < -t_\alpha$; $-11.53 < -1.812$ se concluye que la adición de 30 kg de Fibra Metálica si mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.34
Parámetros de interés del CN y CFM-40.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	217.31
Desviación Estándar (S)	1.85	9.60

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_\alpha=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_\alpha$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 6.91$

$t_p = -1.70$

e. CONCLUSIÓN. "Se Acepta H_0 "

Puesto que: $t_p > -t_\alpha$; $-1.70 > -1.812$ se concluye que la adición de 20 kg de Fibra Metálica no mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.35
Parámetros de interés del CN y CFM-50.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	186.95
Desviación Estándar (S)	1.85	8.80

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 6.36$

$t_p = 6.42$

e. CONCLUSIÓN. "Se Acepta H_0 "

Puesto que: $t_p > -t_{\alpha}$; $6.42 > -1.812$ se concluye que la adición de 20 kg de Fibra Metálica no mejora la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.36
Parámetros de interés del CN y CFP-2.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	234.67
Desviación Estándar (S)	1.85	4.50

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula Ho: $u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa H1: $u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar Ho: $u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza H1: $u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 3.44$

$t_p = -12.16$

e. CONCLUSIÓN. “Se Rechaza Ho”

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$; $-12.16 < -1.812$ se concluye que la adición de 2 kg de Fibra de Polipropileno si mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.6. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-5 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.37
Parámetros de interés del CN y CFP-5.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	246.52
Desviación Estándar (S)	1.85	5.65

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: \mu_2 > \mu_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: \mu_2 > \mu_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 4.20$ $t_p = -14.83$

e. CONCLUSIÓN. “Se Rechaza H_0 ”

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$; $-14.83 < -1.812$ se concluye que la adición de 5 kg de Fibra de Polipropileno si mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.7. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.38
Parámetros de interés del CN y CFP-7.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	217.29
Desviación Estándar (S)	1.85	9.30

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_\alpha=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_\alpha$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 6.70$
 $t_p = -1.75$

e. CONCLUSIÓN. “Se Acepta H_0 ”

Puesto que: $t_p > -t_\alpha$; $-1.75 > -1.812$ se concluye que la adición de 7 kg de Fibra de Polipropileno no mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9 EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.39
Parámetros de interés del CN y CFP-9.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	210.52	195.02
Desviación Estándar (S)	1.85	2.56

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$S_p = 2.23 \qquad t_p = 12.04$$

e. CONCLUSIÓN. "Se Acepta H_0 "

Puesto que: $t_p > -t_{\alpha}$; $12.04 > -1.812$ se concluye que la adición de 9 kg de Fibra de Polipropileno no mejora la resistencia a la compresión del concreto.

4.5.9. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-20 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.40
Parámetros de interés del CN y CFM-20.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	26.64	28.21
Desviación Estándar (S)	0.68	1.24

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: \mu_2 > \mu_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_\alpha=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: \mu_2 \leq \mu_1$, si $t_p < -t_\alpha$ (No se rechaza $H_1: \mu_2 > \mu_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 1.00$ $t_p = -2.74$

e. CONCLUSIÓN. “Se Rechaza H_0 ”

Puesto que: $t_p < -t_\alpha$; $-2.74 < -1.812$ se concluye que la adición de 20 kg de Fibra Metálica si mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

4.5.10. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-30 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.41
Parámetros de interés del CN y CFM-30.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	26.64	28.59
Desviación Estándar (S)	0.68	1.04

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 0.87$ $t_p = -3.87$

e. CONCLUSIÓN. “Se Rechaza H_0 ”

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$; $-3.87 < -1.812$ se concluye que la adición de 30 kg de Fibra Metálica si mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

4.5.11. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-40 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.42
Parámetros de interés del CN y CFM-40.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	26.64	29.76
Desviación Estándar (S)	0.68	0.61

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$S_p = 0.64$$

$$t_p = -8.43$$

e. CONCLUSIÓN. "Se Rechaza H_0 "

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$; $-8.43 < -1.812$ se concluye que la adición de 40 kg de Fibra Metálica si mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

4.5.12. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFM-50 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.43
Parámetros de interés del CN y CFM-50.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	26.64	34.64
Desviación Estándar (S)	0.68	0.94

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$S_p = 0.82 \qquad t_p = -16.89$$

e. CONCLUSIÓN. "Se Rechaza H_0 "

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$; $-16.89 < -1.812$ se concluye que la adición de 50 kg de Fibra Metálica si mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

4.5.13. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-2 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.44
Parámetros de interés del CN y CFP-2.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	26.64	27.20
Desviación Estándar (S)	0.68	0.63

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula Ho: $u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa H1: $u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar Ho: $u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza H1: $u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 0.66$
 $t_p = -1.50$

e. CONCLUSIÓN. “Se Acepta Ho”

Puesto que: $t_p > -t_{\alpha}$; $-1.50 > -1.812$ se concluye que la adición de 2 kg de Fibra de Polipropileno no mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

4.5.15. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-7 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.46
Parámetros de interés del CN y CFP-7.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	26.64	30.88
Desviación Estándar (S)	0.68	0.93

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 0.81$ $t_p = -9.04$

e. CONCLUSIÓN. “Se Rechaza H_0 ”

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$; $-9.04 < -1.812$ se concluye que la adición de 7 kg de Fibra de Polipropileno si mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

4.5.16. PRUEBA DE HIPÓTESIS A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO NORMAL (CN) CON RESPECTO AL CONCRETO EXPERIMENTAL CFP-9 EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.47
Parámetros de interés del CN y CFP-9.

Descripción	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón	Concreto experimental
Número de Muestras (n)	6	6
Media (\bar{X})	26.64	32.85
Desviación Estándar (S)	0.68	1.04

Fuente: Elaboración propia (2017).

b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula $H_0: u_2 \leq u_1$ Hipótesis Alternativa $H_1: u_2 > u_1$

c. NIVEL DE SIGNIFICANCIA.

Con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con un grado de libertad de $n_1+n_2-2=6+6-2=10$ de la tabla estadística (Ver Anexo 08) se obtiene $t_{\alpha}=1.812$. Por lo que se plantea:

Rechazar $H_0: u_2 \leq u_1$, si $t_p < -t_{\alpha}$ (No se rechaza $H_1: u_2 > u_1$, "Se acepta")

d. ESTADÍSTICO DE PRUEBA T-STUDENT:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$S_p = 0.87$ $t_p = -12.30$

e. CONCLUSIÓN. “Se Rechaza H_0 ”

Puesto que: $t_p < -t_{\alpha}$; $-12.30 < -1.812$ se concluye que la adición de 9 kg de Fibra de Polipropileno si mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIÓN GENERAL

La incorporación de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) en el diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm², mejora significativamente su resistencia a la flexión (Módulo de ruptura). La incorporación de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) en el diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm² mejora la resistencia a flexión y principalmente mejora la resistencia a compresión. Finalmente con respecto al costo unitario de materiales para la elaboración del concreto de los grupos de control, se concluye que el costo incrementa considerablemente conforme aumenta la cantidad de fibra utilizada.

5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Con referencia a la resistencia a la compresión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² mejora significativamente la resistencia a la compresión en un 17.40% utilizando una dosificación de 5kg/m³ de concreto en comparación al concreto normal.
- Con referencia a la resistencia a la flexión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² mejora significativamente la resistencia a la flexión en 30.06% utilizando una dosificación de 50kg/m³ de concreto en comparación al concreto normal.

- Con referencia a los costos, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² incrementa el costo unitario de materiales (desde un 18.87 % hasta un 84.91 % según la cantidad de fibra), siendo la mejor opción respecto a la incorporación de fibra metálica (Sika Fiber CHO 65-35NB) en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² que incrementa el costo unitario de materiales aún más (desde un 80.20 % hasta un 200.49 % según la cantidad de fibra).
- De la evaluación integral de los parámetros de resistencia a compresión, resistencia a flexión y costos se concluye que el CFP-5 tiene una alta resistencia a compresión de 246.52kg/cm² y una aceptable resistencia a flexión de 27.60kg/cm².
- De la evaluación integral de los parámetros de resistencia a compresión, resistencia a flexión y costos se concluye que el CFP-7 tiene una aceptable resistencia a compresión de 217.29kg/cm² y una alta resistencia a flexión de 30.88kg/cm².

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Respecto a los costos se recomienda hacer un estudio a largo plazo que implique un análisis de costos de mantenimiento, en mano de obra, todo esto para estructuras en base a concreto con fibras metálicas y/o con fibras de polipropileno con el fin de poder evaluar el costo real en comparación al concreto convencional.
- Se recomienda realizar más investigaciones comparativas entre los distintos tipos de concreto con adición de fibras con la finalidad de contar con una opción óptima según la propiedad que se requiera al momento de diseñar.
- Se recomienda usar el CFP-5 cuando se desee mejorar la resistencia a compresión.
- Se recomienda usar el CFP-7 cuando se desee mejorar la resistencia a flexión.

CAPITULO VII

REFERENCIAS

LIBROS

Abanto, F. (1995). Tecnología del concreto. Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.

Pasquel, E. (1998). Tópicos de tecnología del concreto. Lima, Perú.

Rivva, E. (2014). Diseño de mezclas (Segunda Edición). Lima.

TESIS

Millán, M. (2013). Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Tesis de grado. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Mendoza, C., Aire, C. & Dávila, P. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en 390 las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido.

Apaza, E. & Larico, H. (2012). Diseño de pavimentos rígidos reforzados con fibra metálica como alternativa para proyectos ubicados en la región Puno.

Carrillo, J. & Aperador, W. & Gonzáles, G. (2012), Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de 393 acero.

González, N., Castaño, J., Alvarado, Y. & Gasch, I. (2014). Influencia 395 del volumen de fibras y curado posterior sobre el comportamiento post - fisura de un 396 concreto de ultra alto desempeño.

Isidro, G. (2017). Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto f_c 210 kg/cm². Tesis de grado. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Morales, G. (2012). El Moodle como sistemas de gestión de aprendizaje (LMS) y su influencia en el aprendizaje de los estudiantes del Xcicli de informática de seminario de especialidad de la facultad de ciencias – Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle - 2012

NORMAS Y REPORTE

ASTM C 192/ C 192M-06. (2003). Práctica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto en el Laboratorio. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

ASTM C39/C39M. (2014). Método De Prueba Estándar Para Resistencia A La Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De Concreto. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

ASTM C 78-02. (2002). Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Third-Point Loading). Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

ASTM C 1012-04. (2004). Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

NTP_400.012. (2002). Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global. Lima, Perú: Norma Técnica Peruana.

NTP_400.021. (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso. Lima, Perú: Norma Técnica Peruana.

Cruz, A. (2010). Pruebas de hipótesis para una muestra. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 01 : CERTIFICADO EMITIDO POR EL JEFE DE LABORATORIO DE
CONSTRUCCIONES DE LA EPIC-FICA-UNA-PUNO

ANEXO 02 : ASTM C 192/ C 192 M-06 (PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA
FABRICACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO
EN EL LABORATORIO)

ANEXO 03 : ASTM C 39/ C 39 M-14 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR
PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS
ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO)

ANEXO 04 : ASTM C 78 – 02 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UNA VIGA SIMPLE
CONCRETO CON CARGA DE TERCER PUNTO)

ANEXO 05 : CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO

ANEXO 06 : DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ANEXO 07 : DATOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

ANEXO 08 : TABLAS ESTADÍSTICAS

ANEXO 09 : HOJA TÉCNICA SIKA FIBER FORCE PP-48

ANEXO 10 : HOJA TÉCNICA SIKA FIBER CHO 65-35NB

ANEXO 11 : PRECIO DE LAS FIBRAS SIKA FIBER FORCE PP-48 Y SIKA
FIBER CHO 65-35NB

ANEXO 12 : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES USADOS DEL LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES.

ANEXO 13 : NÚMERO DE MUESTRAS PARA ESPECÍMENES CILÍNDRICOS Y PRISMÁTICOS DE CONCRETO BASADO EN LA NORMA ACI-318-08

ANEXO 01

CERTIFICADO EMITIDO POR EL JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA EPIC-FICA-UNA-PUNO.


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICA: Que los Sres. **FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS** con DNI N° 71844703, **RONALD ANGEL MAMANI MAMANI** con DNI N° 44427167, Bachilleres en Ciencias de la Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, han realizado ensayos de Laboratorio para la investigación del proyecto de Tesis con el tema **"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"** del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- 01 ensayo de contenido de humedad para agregados (grueso – fino).
- 01 ensayo de peso unitario de los agregados (grueso – fino).
- 01 ensayo de granulometría para agregados (grueso – fino).
- 01 ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.
- 01 ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.
- Ensayo de compresión simple de briquetas de concreto:
 - ✓ 06 Briquetas de Concreto Normal (CN).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 20 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 30 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 40 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 50 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 2 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 5 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 7 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).
 - ✓ 06 Briquetas con incorporación de 9 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).
- Ensayo a flexión de vigas prismáticas de concreto:
 - ✓ 06 Prismas de Concreto Normal (CN).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 20 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 30 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 40 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 50 kg/m³ de fibra metálica (CFM).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 2 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 5 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 7 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).
 - ✓ 06 Prismas con incorporación de 9 kg/m³ de fibra de polipropileno (CFP).

Se expide el presente certificado a solicitud de los interesados para los fines que vean por conveniente.


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA

 MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova
 JEFE DE LABORATORIO

 ING. GINO F. LAQUE CORDOVA
 JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

ANEXO 02

ASTM C 192/ C 192 M-06 (PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA FABRICACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO)



Designation: C 192/C 192M – 06

Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory¹

This standard is issued under the fixed designation C 192/C 192M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This practice covers procedures for making and curing test specimens of concrete in the laboratory under accurate control of materials and test conditions using concrete that can be consolidated by rodding or vibration as described herein.

1.2 The values stated in either inch-pound units or SI units shall be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of each other. Combining values from the two systems may result in nonconformance.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to exposed skin and tissue upon prolonged exposure.²)*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

- C 70 Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate
- C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C 127 Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate
- C 128 Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate
- C 138/C 138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved June 1, 2006. Published June 2006. Originally approved in 1944. Last previous edition approved in 2005 as C 192/C 192M – 05.

² See section on Safety Precautions, *Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.02.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

- C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
 - C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
 - C 173/C 173M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
 - C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
 - C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
 - C 403/C 403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance
 - C 470/C 470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically
 - C 494/C 494M Specification for Chemical Admixtures for Concrete
 - C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
 - C 566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying
 - C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
 - C 1064/C 1064M Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete
 - C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation
- 2.2 *American Concrete Institute Publications:*⁴
- 211.3 Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete
 - 309 Guide for Concrete Consolidation

3. Significance and Use

3.1 This practice provides standardized requirements for preparation of materials, mixing concrete, and making and curing concrete test specimens under laboratory conditions.

3.2 If specimen preparation is controlled as stipulated herein, the specimens may be used to develop information for the following purposes:

⁴ Available from American Concrete Institute (ACI), P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

Copyright ASTM International
Provided by IHS under license with ASTM
No reproduction or networking permitted without license from IHS

1
Licensee=Purdue University/5923082001
Not for Resale, 09/10/2007 13:48:12 MDT

 C 192/C 192M – 06

- 3.2.1 Mixture proportioning for project concrete,
- 3.2.2 Evaluation of different mixtures and materials,
- 3.2.3 Correlation with nondestructive tests, and
- 3.2.4 Providing specimens for research purposes.

NOTE 1—The concrete test results for concrete specimens made and cured using this practice are widely used. They may be the basis for acceptance testing for project concrete, research evaluations, and other studies. Careful and knowledgeable handling of materials, mixing concrete, molding test specimens, and curing test specimens is necessary. Many laboratories performing this important work are independently inspected or accredited. Practice C 1077 identifies and defines duties, responsibilities, including minimum responsibilities of the laboratory personnel and minimum technical requirements for laboratory equipment used. Many laboratories ensure qualified technicians by participating in national certification programs such as the American Concrete Institute Laboratory Technician Program or an equivalent program.

4. Apparatus

4.1 *Molds, General*—Molds for specimens or fastenings thereto in contact with the concrete shall be made of steel, cast iron, or other nonabsorbent material, nonreactive with concrete containing portland or other hydraulic cements. Molds shall conform to the dimensions and tolerances specified in the method for which the specimens are required. Molds shall hold their dimensions and shape under all conditions of use. Watertightness of molds during use shall be judged by their ability to hold water poured into them. Test procedures for watertightness are given in the section on Test Methods for Elongation, Absorption, and Watertightness of Specification C 470/C 470M. A suitable sealant, such as heavy grease, modeling clay, or microcrystalline wax, shall be used where necessary to prevent leakage through the joints. Positive means shall be provided to hold base plates firmly to the molds. Reusable molds shall be lightly coated with mineral oil or a suitable nonreactive release material before use.

4.2 *Cylinder Molds:*

4.2.1 *Molds for Casting Specimens Vertically* shall conform to the requirements of 4.1 and Specification C 470/C 470M.

4.2.2 *Horizontal Molds for Creep Test Cylinders* shall conform to the requirements of 4.1 and to the requirements for symmetry and dimensional tolerance in the section on General Requirements except for verticality requirements of Specification C 470/C 470M. The use of horizontal molds is intended only for creep specimens that contain axially embedded strain gages. Molds for creep cylinders to be filled while supported in a horizontal position shall have a filling slot parallel to the axis of the mold which extends the full length to receive the concrete. The width of the slot shall be one half the diameter of the specimen. If necessary the edges of the slot shall be reinforced to maintain dimensional stability. Unless specimens are to be capped or ground to produce plane ends, the molds shall be provided with two machined metal end plates at least 1 in. [25 mm] thick and the working surfaces shall comply with the requirements for planeness and surface roughness given in the section on Capping Plates of Practice C 617. Provision shall be made for fixing both end plates firmly to the mold. The inside surface of each end plate shall be provided with at least three lugs or studs approximately 1 in. [25 mm] long, firmly fastened to the plate for embedment in the concrete. One base plate shall be drilled from the inside at an angle to permit the

lead wire from the strain gage to exit the specimen through the edge of the plate. Provision shall be made for accurately positioning the strain gage. All necessary holes shall be as small as possible to minimize disturbance to subsequent strain measurements and shall be sealed to prevent leakage.

4.3 *Beam and Prism Molds* shall be rectangular in shape (unless otherwise specified) and of the dimensions required to produce the desired specimen size. The inside surfaces of the molds shall be smooth and free from indentations. The sides, bottom, and ends shall be at right angles to each other and shall be straight and true and free of warpage. Maximum variation from the nominal cross section shall not exceed $\frac{1}{8}$ in. [3 mm] for molds with depth or breadth of 6 in. [150 mm] or more, or $\frac{1}{16}$ in. [2 mm] for molds of smaller depth or breadth. Except for flexure specimens, molds shall not vary from the nominal length by more than $\frac{1}{16}$ in. [2 mm]. Flexure molds shall not be shorter than $\frac{1}{16}$ in. [2 mm] of the required length, but may exceed it by more than that amount.

4.4 *Tamping Rods*—Two sizes are specified in ASTM methods. Each shall be a round, straight steel rod with at least the tamping end rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod. Both ends may be rounded, if preferred.

4.4.1 *Larger Rod*, $\frac{5}{8}$ in. [16 mm] in diameter and approximately 24 in. [600 mm] long.

4.4.2 *Smaller Rod*, $\frac{3}{8}$ in. [10 mm] in diameter and approximately 12 in. [300 mm] long.

4.5 *Mallets*—A mallet with a rubber or rawhide head weighing 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.20 kg] shall be used.

4.6 *Vibrators:*

4.6.1 *Internal Vibrators*—The vibrator frequency shall be at least 7000 vibrations per minute [115 Hz] while the vibrator is operating in the concrete. The diameter of a round vibrator shall be no more than one fourth the diameter of the cylinder mold or one fourth the width of the beam or prism mold. Other shaped vibrators shall have a perimeter equivalent to the circumference of an appropriate round vibrator. The combined length of the vibrator shaft and vibrating element shall exceed the depth of the section being vibrated by at least 3 in. [75 mm].

NOTE 2—For information on size and frequency of various vibrators and method to periodically check vibrator frequency, see ACI 309.

4.6.2 *External Vibrators*—The two types of external vibrators permitted are either table or plank. The external vibrator frequency shall be 3600 vibrations per minute [60 Hz] or higher.

4.6.3 Provisions shall be made for clamping the mold securely to the apparatus for both types of vibrators.

NOTE 3—Vibratory impulses are frequently imparted to a table or plank vibrator through electromagnetic means, or by use of an eccentric weight on the shaft of an electric motor or on a separate shaft driven by a motor.

4.7 *Small Tools*—Tools and items such as shovels, pails, trowels, wood float, blunted trowels, straightedge, feeler gage, scoops, rulers, rubber gloves, and metal mixing bowls shall be provided.

4.8 *Slump Apparatus*—The apparatus for measurement of slump shall conform to the requirements of Test Method C 143/C 143M.

 C 192/C 192M – 06

4.9 *Sampling and Mixing Pan*—The pan shall be flat-bottom and of heavy-gage metal, watertight, of convenient depth, and of sufficient capacity to allow easy mixing by shovel or trowel of the entire batch; or, if mixing is by machine, to receive the entire batch on discharge of the mixer and allow remixing in the pan by trowel or shovel.

4.10 *Wet-Sieving Equipment*—If wet-sieving is required, the equipment shall conform to the requirements of Practice C 172.

4.11 *Air Content Apparatus*—The apparatus for measuring air content shall conform to the requirements of either Test Methods C 231 or C 173.

4.12 *Scales*—Scales for determining the mass of batches of materials and concrete shall be accurate within 0.3 % of the test load at any point within the range of use.

NOTE 4—In general the mass of small quantities should not be determined on large capacity scales. In many applications the smallest mass determined on a scale should be greater than about 10 % of the maximum capacity of the scale; however, this will vary with the performance characteristics of the scale and the required accuracy of the determination. Acceptable scales used for determining the mass for concrete materials preferably should determine mass accurately to about 0.1 % of total capacity and the foregoing precaution is applicable. However, certain analytical and precision balances are exceptions to this rule and should weigh accurately to 0.001 %. Particular care must be exercised in measuring small quantities of material by determining the difference between two much larger masses.

4.13 *Temperature Measuring Device*—The temperature measuring device shall conform to the requirements of Test Method C 1064.

4.14 *Concrete Mixer*—A power-driven concrete mixer shall be a revolving drum, tilting mixer, or suitable revolving pan or revolving-paddle mixer capable of thoroughly mixing batches of the prescribed sizes at the required slump.

NOTE 5—A pan mixer is usually more suitable for mixing concrete with less than 1-in. [25 mm] slump than a revolving drum mixer. The rate of rotation, degree of tilt, and rated capacity of tilting mixers are not always suitable for laboratory mixed concrete. It may be found desirable to reduce the rate of rotation, decrease the angle of tilt from the horizontal, and use the mixer at somewhat less than the manufacturer's rated capacity.

5. Specimens

5.1 *Cylindrical Specimens*—Cylinder dimensions shall be as stipulated in the specification, test method or practice for the laboratory studies being performed and shall meet the requirements of 5.4. If dimensions are not stipulated in a specification, test method, or practice, the specimen selected shall have a length that is twice the diameter and meet the requirements of 5.4.

NOTE 6—The same cylinder size should be used for the reference (control) concrete mixture and test concrete mixtures when conducting comparative studies such as those required in Specification C 494/ C 494M. For mixture proportioning of project concrete, it is preferable for the cylinder size in the laboratory to be the same as that specified for acceptance testing.

NOTE 7—When molds in SI units are required and not available, equivalent inch-pound unit size mold should be permitted.

5.1.1 Cylindrical specimens for tests other than creep shall be molded and allowed to harden with the axis of the cylinder vertical.

5.1.2 Cylindrical creep specimens may be cast with the cylindrical axis either vertical or horizontal and allowed to harden in the position in which cast.

5.2 *Prismatic Specimens*—Beams for flexural strength, prisms for freezing and thawing, bond, length change, volume change, etc., shall be formed with their long axes horizontal, unless otherwise required by the method of test in question, and shall conform in dimension to the requirements of the specific test method.

5.3 *Other Specimens*—Other shapes and sizes of specimens for particular tests may be molded as desired following the general procedures set forth in this practice.

5.4 *Specimen Size versus Aggregate Size*—The diameter of a cylindrical specimen or minimum cross-sectional dimension of a rectangular section shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate in the concrete as defined in Terminology C 125. Occasional over-size aggregate particles (of a size not normally found in the average aggregate grading) shall be removed by hand picking during the molding of the specimens. When the concrete contains aggregate larger than that appropriate for the size of the molds or equipment to be used, wet-sieve the sample as described in Practice C 172.

5.5 *Number of Specimens*—The number of specimens and the number of test batches are dependent on established practice and the nature of the test program. Guidance is usually given in the test method or specification for which the specimens are made. Usually three or more specimens are molded for each test age and test condition unless otherwise specified (NOTE 8). Specimens involving a given variable should be made from three separate batches mixed on different days. An equal number of specimens for each variable should be made on any given day. When it is impossible to make at least one specimen for each variable on a given day, the mixing of the entire series of specimens should be completed in as few days as possible, and one of the mixtures should be repeated each day as a standard of comparison.

NOTE 8—Test ages often used are 7 and 28 days for compressive strength tests, or 14 and 28 days for flexural strength tests. Specimens containing Type III cement are often tested at 1, 3, 7, and 28 days. For later test ages, 3 months, 6 months, and 1 year are often used for both compressive and flexural strength tests. Other test ages may be required for other types of specimens.

6. Preparation of Materials

6.1 *Temperature*—Before mixing the concrete, bring the concrete materials to room temperature in the range from 68 to 86 °F [20 to 30 °C], except when the temperature of the concrete is stipulated. When a concrete temperature is stipulated, the method proposed to obtain the concrete temperature needs approval of the stipulator.

6.2 *Cement*—Store the cement in a dry place, in moisture-proof containers, preferably made of metal. The cement shall be thoroughly mixed to provide a uniform supply throughout the tests. It shall be passed through a 850- μm [No. 20] or finer sieve to remove all lumps, remixed on a plastic sheet, and returned to sample containers.

 C 192/C 192M – 06

6.3 *Aggregates*—In order to preclude segregation of a coarse aggregate, separate into individual size fractions and for each batch recombine in the proper proportions to produce the desired grading.

NOTE 9—Only rarely is a coarse aggregate batched as a single size fraction. The number of size fractions will generally be between 2 and 5 for aggregate smaller than 2½ in. [60 mm]. When a size fraction to be batched is present in amounts in excess of 10 %, the ratio of the opening of the larger to the smaller sieve should not exceed 2.0. More closely sized groups are sometimes advisable.

6.3.1 Unless fine aggregate is separated into individual size fractions, maintain it in a damp condition or restore to a damp condition until use, to prevent segregation, unless material uniformly graded is subdivided into batch size lots using a sample splitter with proper size openings. If unusual gradings are being studied, the fine aggregate may need to be dried and separated into individual sizes. In this instance, if the total quantity of fine aggregate required is larger than can be efficiently blended in a single unit, then the individual size fractions should be determined in a mass required for each individual batch. When the total quantity of fine aggregate needed for the complete investigation is such that it can be thoroughly mixed, blended, and maintained in a damp condition, then it should be handled in that manner. Determine the specific gravity and absorption of aggregates in accordance with either Test Methods C 127 or C 128.

6.3.2 Before incorporating in concrete, prepare the aggregate to ensure a definite and uniform condition of moisture. Determine the weight of aggregate to be used in the batch by one of the following procedures:

6.3.2.1 Determine the mass of low-absorption aggregates (absorption less than 1.0 %) in the room-dry condition with allowance made for the amount of water that will be absorbed from the unset concrete (NOTE 10). This procedure is particularly useful for coarse aggregate which must be batched as individual sizes; because of the danger of segregation it can be used for fine aggregate only when the fine aggregate is separated into individual size fractions.

NOTE 10—When using aggregates with low absorption in room-dry condition the amount of water that will be absorbed by the aggregates before the concrete sets may be assumed to be 80 % of the difference between the 24-h absorption of the aggregates determined by Test Methods C 127 or C 128, and the amount of water in the pores of the aggregates in their room-dry state, as determined by Test Method C 566.

6.3.2.2 Individual size fractions of aggregate may be weighed separately, recombined into a tared container in the amounts required for the batch, and immersed in water for 24 h prior to use. After immersion the excess water is decanted and the combined weight of aggregate and mixing water determined. Allowance shall be made for the amount of water absorbed by the aggregate. The moisture content of the aggregates may be determined in accordance with Test Methods C 70 and C 566.

6.3.2.3 The aggregate may be brought to and maintained in a saturated condition, with surface moisture contained in sufficiently small amounts to preclude loss by draining, at least 24 h prior to use. When this method is used, the moisture content of the aggregate must be determined to permit calcu-

lation of proper quantities of the damp aggregate. The quantity of surface moisture present must be counted as a part of the required amount of mixing water. Surface moisture in fine aggregate may be determined in accordance with Test Methods C 70 and C 566, making due allowance for the amount of water absorbed. The method outlined here (moisture content slightly exceeding absorption) is particularly useful for fine aggregate. It is used less frequently for coarse aggregate because of the difficulty of accurately determining the moisture content, but if used, each size fraction must be handled separately to ensure that the proper grading is obtained.

6.3.2.4 Aggregates, fine or coarse, may be brought to and maintained in a saturated surface-dry condition until batched for use. This method is used primarily to prepare material for batches not exceeding ¼ ft³ [0.007 m³] in volume. Care must be taken to prevent drying during weighing and use.

6.4 *Lightweight Aggregates*—The procedures for specific gravity, absorption, and preparation of aggregates mentioned in this practice pertain to materials with normal absorption values. Lightweight aggregates, air-cooled slag, and certain highly porous or vesicular natural aggregate may be so absorptive as to be difficult to treat as described. The moisture content of lightweight aggregate at the time of mixing may have important effects on properties of freshly mixed and hardened concretes such as slump loss, compressive strength, and resistance to freezing and thawing.

6.5 *Admixtures*—Powdered admixtures that are entirely or largely insoluble, that do not contain hygroscopic salts and are to be added in small quantities, should be mixed with a portion of the cement before introduction into the batch in the mixer so as to ensure thorough distribution throughout the concrete. Essentially insoluble materials which are used in amounts exceeding 10 % by mass of cement, such as pozzolans, should be handled and added to the batch in the same manner as cement. Powdered admixtures which are largely insoluble but contain hygroscopic salts may cause balling of cement and should be mixed with the sand. Water-soluble and liquid admixtures should be added to the mixer in solution in the mixing water. The quantity of such solution used shall be included in the calculation of the water content of the concrete. Admixtures, incompatible in concentrated form, such as solutions of calcium chloride and certain air-entraining and set-retarding admixtures, should not be intermixed prior to their addition to concrete. The time, sequence, and method of adding some admixtures to a batch of concrete can have important effects on concrete properties such as time of set and air content. The method selected must remain unchanged from batch to batch.

NOTE 11—The mixing apparatus and accessories shall be thoroughly cleaned to ensure that chemical additions or admixtures used in dissimilar batches of concrete do not affect subsequent batches.

7. Procedure

7.1 *Mixing Concrete:*

7.1.1 *General*—Mix concrete in a suitable mixer or by hand in batches of such size as to leave about 10 % excess after molding the test specimens. Hand-mixing procedures are not applicable to air-entrained concrete or concrete with no measurable slump. Hand mixing should be limited to batches of ¼

 C 192/C 192M – 06

ft³ [0.007 m³] volume or less. Mixing procedures are given in 7.1.2 and 7.1.3. However, other procedures may be used when it is desired to simulate special conditions or practices, or when the procedures specified are impracticable. A machine-mixing procedure suitable for drum-type mixers is described. It is important not to vary the mixing sequence and procedure from batch to batch unless the effect of such variation is under study.

7.1.2 Machine Mixing—Prior to starting rotation of the mixer add the coarse aggregate, some of the mixing water, and the solution of admixture, when required, in accordance with 6.5. When feasible, disperse the admixture in the mixing water before addition. Start the mixer, then add the fine aggregate, cement, and water with the mixer running. If it is impractical for a particular mixer or for a particular test to add the fine aggregate, cement, and water while the mixer is running, these components may be added to the stopped mixer after permitting it to turn a few revolutions following charging with coarse aggregate and some of the water (Note 12). Mix the concrete, after all ingredients are in the mixer, for 3 min followed by a 3-min rest, followed by a 2-min final mixing. Cover the open end or top of the mixer to prevent evaporation during the rest period. Take precautions to compensate for mortar retained by the mixer so that the discharged batch, as used, will be correctly proportioned (Note 13). To eliminate segregation, deposit machine-mixed concrete in the clean, damp mixing pan and remix by shovel or trowel until it appears to be uniform.

NOTE 12—An experienced operator may add water incrementally during mixing to adjust to the desired slump.

NOTE 13—It is difficult to recover all of the mortar from mixers. To compensate for this difficulty one of the following procedures may be used to ensure the correct final proportions in the batch:

(1) *“Buttering” the Mixer*—Just prior to mixing the test batch, the mixer is “battered” by mixing a batch proportioned to simulate closely the test batch. The mortar adhering to the mixer after discharging is intended to compensate for loss of mortar from the test batch.

(2) *“Over-Mortaring” the Mix*—The test mix is proportioned by the use of an excess mortar, the amount established in advance, to compensate for that which, on the average, adheres to the mixer. In this case the mixer is cleaned before mixing the test batch.

7.1.3 Hand Mixing—Mix the batch in a watertight, clean (Note 11), damp, metal pan or bowl, with a bricklayer’s blunted trowel, using the following procedure when aggregates have been prepared in accordance with 6.3.2.1, 6.3.2.3, and 6.3.2.4.

7.1.3.1 Mix the cement, powdered insoluble admixture, if used, and fine aggregate without addition of water until they are thoroughly blended.

7.1.3.2 Add the coarse aggregate and mix the entire batch without addition of water until the coarse aggregate is uniformly distributed throughout the batch.

7.1.3.3 Add water, and the admixture solution if used, and mix the mass until the concrete is homogeneous in appearance and has the desired consistency. If prolonged mixing is necessary because of the addition of water in increments while adjusting the consistency, discard the batch and make a new batch in which the mixing is not interrupted to make trial consistency tests.

7.1.4 Mixed Concrete—Select the portions of the batch of mixed concrete to be used in tests for molding specimens so as

to be representative of the actual proportions and condition of the concrete. When the concrete is not being remixed or sampled cover it to prevent evaporation.

7.2 Slump, Air Content, Yield, and Temperature:

7.2.1 Slump—Measure the slump of each batch of concrete immediately after mixing in accordance with Test Method C 143/C 143M.

NOTE 14—The slump test is unsuitable for concrete so dry that it slumps less than ¼ in. [6 mm]. No-slump concrete may be tested by one of several means described in ACI 211.3.

7.2.2 Air Content—Determine the air content, when required, in accordance with either Test Methods C 173 or C 231. Test Method C 231 should not be used with concretes made with lightweight aggregates, air-cooled blast-furnace slag, or aggregates of high porosity. Discard the concrete used for the determination of air content.

7.2.3 Yield—Determine the yield of each batch of concrete, if required, in accordance with Test Method C 138. Concrete used for slump and yield tests may be returned to the mixing pan and remixed into the batch.

7.2.4 Temperature—Determine the temperature of each batch of concrete in accordance with Test Method C 1064.

7.3 Making Specimens:

7.3.1 Place of Molding—Mold specimens as near as practicable to the place where they are to be stored during the first 24 h. If it is not practicable to mold the specimens where they will be stored, move them to the place of storage immediately after being struck off. Place molds on a rigid surface free from vibration and other disturbances. Avoid jarring, striking, tilting, or scarring of the surface of the specimens when moving the specimens to the storage place.

7.3.2 Placing—Place the concrete in the molds using a scoop, blunted trowel, or shovel. Select each scoopful, trowelful, or shovelful of concrete from the mixing pan to ensure that it is representative of the batch. It may be necessary to remix the concrete in the mixing pan with a shovel or trowel to prevent segregation during the molding of specimens. Move the scoop or trowel around the top edge of the mold as the concrete is discharged in order to ensure a symmetrical distribution of the concrete and to minimize segregation of coarse aggregate within the mold. Further distribute the concrete by use of a tamping rod prior to the start of consolidation. In placing the final layer the operator shall attempt to add an amount of concrete that will exactly fill the mold after compaction. Do not add nonrepresentative samples of concrete to an underfilled mold.

7.3.2.1 Number of Layers—Make specimens in layers as indicated in Table 1.

7.4 Consolidation:

7.4.1 Methods of Consolidation—Preparation of satisfactory specimens requires different methods of consolidation. The methods of consolidation are rodding, and internal or external vibration. Base the selection of the method on the slump, unless the method is stated in the specifications under which the work is being performed. Rod or vibrate concrete with slump greater than or equal to 1 in. [25 mm]. Vibrate concrete with slump less than 1 in. (Note 15). Do not use

C 192/C 192M – 06

TABLE 1 Number of Layers Required for Specimens

Specimen Type and Size	Mode of Consolidation	Numbers of Layers of Approximate Equal Depth
Cylinders:		
Diameter, in. [mm]		
3 or 4 [75 to 100]	rodding	2
6 [150]	rodding	3
9 [225]	rodding	4
up to 9 [225]	vibration	2
Prisms and horizontal creep		
Cylinders:		
Depth, in. [mm]		
up to 8 [200]	rodding	2
over 8 [200]	rodding	3 or more
up to 8 [200]	vibration	1
over 8 [200]	vibration	2 or more

internal vibration for cylinders with a diameter less than 4 in. [100 mm], and for beams or prisms with breadth or depth less than 4 in.

NOTE 15—Concrete of such low water content that it cannot be properly consolidated by the methods described herein is not covered by this practice. Provisions for specimens and methods of testing will be found in the standards concerned. There are concretes that can be consolidated by external vibration, but additional forces on the surface are required to embed the coarse aggregate thoroughly and consolidate the mixture. For such mixtures the following procedures may be followed: using external vibration fill 6 by 12-in. [150 by 300-mm] cylinder molds in 3 in. [75 mm] lifts using a 10-lb [4.5-kg] cylindrical surcharge, or 3 by 6-in. [75 by 150-mm] cylinder molds in 2 in. [50 mm] lifts using a 2.5-lb [1-kg] cylindrical surcharge. The surcharge should have a diameter ¼ in. [6 mm] less than the inside of the mold. Simultaneously each lift should be compacted by external vibration with the surcharge on the top surface of the concrete, until the mortar begins to ooze around the bottom of the surcharge.

7.4.2 *Rodding*—Place the concrete in the mold, in the required number of layers of approximately equal volume. Rod each layer with the rounded end of the rod using the number of strokes and size of rod specified in Table 2. Rod the bottom layer throughout its depth. Distribute the strokes uniformly over the cross section of the mold and for each upper layer allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is rodded, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet to close any holes left by rodding and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use

an open hand to tap light-gage single-use molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet. After tapping, spade the concrete along the sides and ends of beam and prism molds with a trowel or other suitable tool.

7.4.3 *Vibration*—Maintain a uniform duration of vibration for the particular kind of concrete, vibrator, and specimen mold involved. The duration of vibration required will depend upon the workability of the concrete and the effectiveness of the vibrator. Usually sufficient vibration has been applied as soon as the surface of the concrete becomes relatively smooth and large air bubbles cease to break through the top surface. Continue vibration only long enough to achieve proper consolidation of the concrete (see Note 16). Overvibration may cause segregation. Fill the molds and vibrate in the required number of approximately equal layers (Table 2). Place all the concrete for each layer in the mold before starting vibration of that layer. When placing the final layer, avoid overfilling by more than ¼ in. [6 mm]. When the finish is applied after vibration, add only enough concrete with a trowel to overfill the mold about ⅛ in. [3 mm], work it into the surface and then strike it off.

NOTE 16—Generally, no more than 5 s of vibration should be required for each insertion to adequately consolidate the concrete with a slump greater than 3 in. [75 mm]. Longer times may be required for lower slump concrete, but the vibration time should rarely have to exceed 10 s per insertion.

7.4.3.1 *Internal Vibration*—In compacting the specimen insert the vibrator slowly and do not allow the vibrator to rest on or touch the bottom or sides of the mold or strike embedded items such as strain meters. Slowly withdraw the vibrator so that no large air pockets are left in the specimen.

7.4.3.2 *Cylinders*—The number of insertions of the vibrator is given in Table 3. When more than one insertion per layer is required, distribute the insertions uniformly within each layer. Allow the vibrator to penetrate into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outside of the mold at least 10 times with the mallet to close the holes that remain and to release entrapped air voids. Use an open hand to tap cardboard or single-use metal molds that are susceptible to damage if tapped with a mallet.

7.4.3.3 *Beams, Prisms, and Horizontal Creep Cylinders*—Insert the vibrator at intervals not exceeding 6 in. [150 mm] along the center line of the long dimension of the specimen, or along both sides but not in contact with the strain gage in the

TABLE 2 Diameter of Rod and Number of Roddings to be Used in Molding Test Specimens

Cylinders		
Diameter of Cylinder, in. [mm]	Diameter of Rod in. [mm]	Number of Strokes/Layer
2 [50] to <6 [150]	⅜ [10]	25
6 [150]	⅜ [16]	25
8 [200]	⅜ [16]	50
10 [250]	⅜ [16]	75
Beams and Prisms		
Top Surface Area of Specimen, in. ² [cm ²]	Diameter of Rod in. (mm)	Number of Roddings/Layer
25 [160] or less	⅜ [10]	25
26 to 49 [165 to 310]	⅜ [10]	one for each 1 in. ² [7 cm ²] of surface
50 [320] or more	⅜ [16]	one for each 2 in. ² [14 cm ²] of surface
Horizontal Creep Cylinders		
Diameter of Cylinder in. [mm]	Diameter of Rod in. [mm]	Number of Roddings/Layer
6 [150]	⅜ [16]	50 total, 25 along both sides of axis

Copyright ASTM International
 Provided by IHS under license with ASTM
 No reproduction or networking permitted without license from IHS

Licensee=Purdue University/5923082001
 Not for Resale, 09/10/2007 13:48:12 MDT

C 192/C 192M – 06

TABLE 3 Number of Vibrator Insertions per Layer

Specimen Type and Size	Number of Insertions per Layer
Cylinder: Diameter, in. [mm]	
4 in. [200 mm]	1
6 in. [150 mm]	2
9 in. [225 mm]	4

case of creep cylinders. For specimens wider than 6 in. [150 mm], use alternating insertions along two lines. Allow the shaft of the vibrator to penetrate into the bottom layer approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold sharply at least 10 times with the mallet to close holes left by vibrating and to release entrapped air voids.

7.4.4 External Vibration—When external vibration is used, take care to ensure that the mold is rigidly attached to or securely held against the vibrating element or vibrating surface (Note 15).

7.5 Finishing—After consolidation by any of the methods, strike off the surface of the concrete and float or trowel it in accordance with the method concerned. If no finish is specified, finish the surface with a wood or magnesium float. Perform all finishing with the minimum manipulation necessary to produce a flat even surface that is level with the rim or edge of the mold and which has no depressions or projections larger than 1/8 in. [3 mm].

7.5.1 Cylinders—After consolidation finish the top surfaces by striking them off with the tamping rod where the consistency of the concrete permits, or with a wood float or trowel. If desired, cap the top surface of freshly made cylinders with a thin layer of stiff portland cement paste which is permitted to harden and cure with the specimen. See the section on Capping Materials of Practice C 617.

7.5.2 Horizontally Cast Creep Cylinders—After consolidation strike off the specimen with a trowel or float, then trowel the minimum amount required to form the concrete in the opening concentrically with the rest of the specimen. Use a screed curved to the radius of the specimen to more precisely shape and finish the concrete in the opening.

8. Curing

8.1 Initial Curing—To prevent evaporation of water from unhardened concrete, cover the specimens immediately after finishing, preferably with a nonabsorptive, nonreactive plate or a sheet of tough, durable impervious plastic. Specimens shall be stored immediately after finishing until the removal of the molds to prevent loss of moisture from the specimens. Select an appropriate procedure or combination of procedures that will prevent moisture loss and is nonabsorptive and nonreactive with the concrete. When wet burlap is used for covering, the burlap must not be in contact with the fresh concrete surface and care must be exercised to keep the burlap wet until the specimens are removed from the molds. Placing a sheet of plastic over the burlap will facilitate keeping it wet. To prevent damage to specimens, protect the outside of cardboard molds from contact with wet burlap or other sources of water until the molds are removed. Record the maximum and minimum ambient temperatures during the initial curing.

8.2 Removal from Molds—Remove the specimens from the molds 24 ± 8 h after casting. For concrete with prolonged

setting time, molds shall not be removed until 20 ± 4 h after final set. If needed, determine the setting times in accordance with Test Method C 403/C 403M.

8.3 Curing Environment—Unless otherwise specified all specimens shall be moist cured at 73.5 ± 3.5 °F [23.0 ± 2.0 °C] from the time of molding until the moment of test (Note 17). Storage during the first 48 h of curing shall be in a vibration-free environment. As applied to the treatment of demolded specimens, moist curing means that the test specimens shall have free water maintained on the entire surface area at all times. This condition is met by using water storage tanks or a moist room in accordance with the requirements of Specification C 511. Cure structural lightweight concrete cylinders in accordance with Specification C 330.

NOTE 17—The temperature within damp sand and under wet burlap or similar materials will always be lower than the temperature in the surrounding atmosphere if evaporation takes place.

8.4 Flexural Strength Test Specimens—Cure the flexural strength test specimens in accordance with 8.1 and 8.2 except that while in storage for a minimum period of 20 h immediately prior to testing they shall be immersed in water saturated with calcium hydroxide at 73 ± 3 °F [23 ± 2 °C]. At the end of the curing period, between the time the specimen is removed from curing until testing is completed, drying of the surfaces shall be prevented.

NOTE 18—Relatively small amounts of drying of the surface of flexural strength specimens will induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

9. Precision and Bias

9.1 Data to establish precision statements for various testing required by this standard were obtained in the Concrete Proficiency Sample Program of the Cement and Concrete Reference Laboratory.

9.2 The single-operator standard deviations for slump, unit weight, air content, and 7-day compressive strength of trial batches have been found to be 0.7 in., 0.9 lb/ft³, 0.3 %, and 203 psi, respectively; therefore the results of properly conducted tests on two trial batches made in the same laboratory should not differ by more than 2.0 in., 2.5 lb/ft³, 0.8 %, and 574 psi, respectively. This precision statement is considered applicable to laboratory trial batches proportioned to contain prescribed quantities of materials and to have a constant water-cement ratio. The values should be used with caution for air-entrained concrete, concrete with slump less than 2 in. [50 mm] or over 6 in. [150 mm], or concrete made with other than normal weight aggregate or aggregate larger than 1 in. [25 mm] nominal maximum size.

9.3 The multilaboratory standard deviations for slump, unit weight, air content, and 7-day compressive strength of trial batches have been found to be 1.0 in., 1.4 lb/ft³, 0.4 %, and 347 psi, respectively; therefore, the results of properly conducted tests on single trial batches made in two different laboratories should not differ by more than 2.8 in., 4.0 lb/ft³, 1.1 %, and 981 psi, respectively. This precision statement is considered applicable to laboratory trial batches proportioned to contain prescribed quantities of materials and to have a prescribed water-cement ratio. The values should be used with caution for

C 192/C 192M – 06

air-entrained concrete, concrete with slump less than 2 in. [50 mm] or over 6 in. [150 mm], or concrete made with other than normal weight aggregate or aggregate larger than 1 in. [25 mm] nominal maximum size.

9.4 *Bias*—The procedures for the test methods in 9.3 have no bias because the values obtained from each of those test methods are defined only in terms of the test method.

10. Keywords

10.1 concrete; cylinders; laboratory; prisms; strength testing

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this practice since the last issue, C 192/C 192M – 05, that may impact the use of this practice. (Approved June 1, 2006)

(I) Revised 1.3.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO 03

ASTM C 39/ C 39 M-14 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO)



Designation: C39/C39M – 14

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m³ [50 lb/ft³].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the **Manual of Aggregate and Concrete Testing** are recommended.)*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 1, 2014. Published February 2014. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2012 as C39/C39M–12a. DOI: 10.1520/C0039_C0039M-14.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 1
Downloaded/printed by

Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds

C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation

C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

E4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines

Manual of Aggregate and Concrete Testing

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices **C31/C31M**, **C192/C192M**, **C617**, and **C1231/C1231M** and Test Methods **C42/C42M** and **C873**.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing

 C39/C39M - 14

operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures; and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall meet the concrete laboratory technician requirements of Practice C1077, including an examination requiring performance demonstration that is evaluated by an independent examiner.

NOTE 1—Certification equivalent to the minimum guidelines for ACI Concrete Laboratory Technician, Level I or ACI Concrete Strength Testing Technician will satisfy this requirement.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verify calibration of the testing machines in accordance with Practices E4, except that the verified loading range shall be as required in 5.3. Verification is required:

5.1.1.1 Within 13 months of the last calibration,

5.1.1.2 On original installation or immediately after relocation,

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated loads.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E74.

NOTE 2—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed $\pm 1.0\%$ of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification

device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

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

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

where:

A = load, kN [lbf] indicated by the machine being verified, and

B = applied load, kN [lbf] as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10% of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 3), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3% greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.02 mm [0.001 in.] in any 150 mm [6 in.] of blocks 150 mm [6 in.] in diameter or larger, or by more than 0.02 mm [0.001 in.] in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than 13 mm [0.5 in.], concentric circles not more than 0.8 mm [0.03 in.] deep and not more than 1 mm [0.04 in.] wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 3—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 4). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. If the testing machine is so designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required. Its least horizontal dimension shall be at least 3%

C39/C39M - 14

greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

NOTE 4—The block may be fastened to the platen of the testing machine.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 25 mm [1 in.] thick when new, and at least 22.5 mm [0.9 in.] thick after any resurfacing operations.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

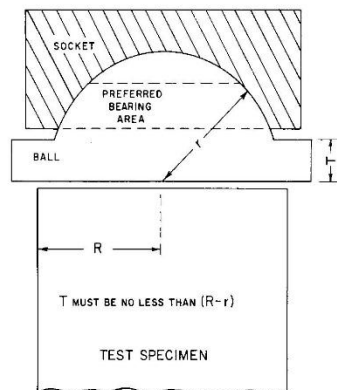
Diameter of Test Specimens, mm [in.]	Maximum Diameter of Bearing Face, mm [in.]
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6.5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

NOTE 5—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of $\pm 5\%$ of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75% of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket shall be designed so that the steel in the contact area does not permanently deform when loaded to the capacity of the testing machine.

NOTE 6—The preferred contact area is in the form of a ring (described as “preferred bearing area”) as shown on Fig. 1.



NOTE 1—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 3
 Downloaded/printed by
 Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

5.2.2.4 At least every six months, or as specified by the manufacturer of the testing machine, clean and lubricate the curved surfaces of the socket and of the spherical portion of the machine. The lubricant shall be a petroleum-type oil such as conventional motor oil or as specified by the manufacturer of the testing machine.

NOTE 7—To ensure uniform seating, the spherically seated head is designed to tilt freely as it comes into contact with the top of the specimen. After contact, further rotation is undesirable. Friction between the socket and the spherical portion of the head provides restraint against further rotation during loading. Petroleum-type oil such as conventional motor oil has been shown to permit the necessary friction to develop. Pressure-type greases can reduce the desired friction and permit undesired rotation of the spherical head and should not be used unless recommended by the manufacturer of the testing machine.

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.2.2.7 If the ball portion of the upper bearing block is a two-piece design composed of a spherical portion and a bearing plate, a mechanical means shall be provided to ensure that the spherical portion is fixed and centered on the bearing plate.

5.3 Load Indication:

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that is readable to at least the nearest 0.1% of the full scale load (Note 8). The dial shall be readable within 1% of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dialcase and easily accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer. Each dial shall be equipped with a suitable device that at all times, until reset, will indicate to within 1% accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—Readability is considered to be 0.5 mm [0.02 in.] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is readable with reasonable certainty when the spacing on the load indicating mechanism is between 1 mm [0.04 in.] and 2 mm [0.06 in.]. When the spacing is between 2 and 3 mm [0.06 and 0.12 in.], one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 3 mm [0.12 in.] or more, one fourth of a scale interval is readable with reasonable certainty.

5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read.

 C39/C39M - 14

The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

5.4 Documentation of the calibration and maintenance of the testing machine shall be in accordance with Practice C1077.

6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding, or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Prior to testing, neither end of test specimens shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1 mm in 100 mm [0.12 in. in 12 in.]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.050 mm [0.002 in.] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C617 or, when permitted, Practice C1231/C1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.25 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter is not prohibited from being reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.5 mm [0.02 in.]. When the average diameters do not fall within the range of 0.5 mm [0.02 in.] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 If the purchaser of the testing services requests measurement of density of test specimens, determine the mass of specimens before capping. Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen using a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.]. Alternatively, determine the cylinder density by weighing the cylinder in air and then submerged

under water at 23.0 ± 2.0 °C [73.5 ± 3.5 °F], and computing the volume according to 8.3.1.

6.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retaining ring or rings and center the unbonded cap or caps on the cylinder. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block.

7.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 10). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 10—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

7.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (Note 11) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 11—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [$1/20$ inches in 12 inches]

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

C39/C39M - 14

7.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of 0.25 ± 0.05 MPa/s [35 ± 7 psi/s] (See Note 12). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 12—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

7.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

7.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak

load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617 or Practice C1231/C1231M.

8. Calculation

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 0.1 MPa [10 psi].

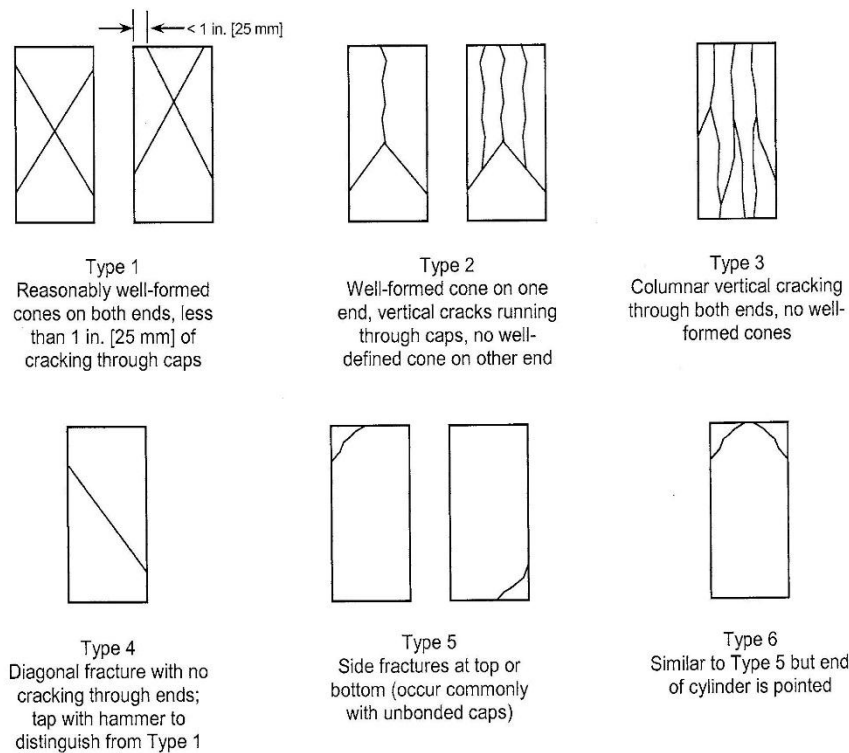


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 5
 Downloaded/printed by
 Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C39/C39M - 14

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 13:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

NOTE 13—Correction factors depend on various conditions such as moisture condition, strength level, and elastic modulus. Average values are given in the table. These correction factors apply to low-density concrete weighing between 1600 and 1920 kg/m³ [100 and 120 lb/ft³] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 14 to 42 MPa [2000 to 6000 psi]. For strengths higher than 42 MPa [6000 psi] correction factors may be larger than the values listed above³.

8.3 When required, calculate the density of the specimen to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³] as follows:

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

where:

- W = mass of specimen, kg [lb], and
- V = volume of specimen computed from the average diameter and average length or from weighing the cylinder in air and submerged, m³ [ft³]

8.3.1 When the volume is determined from submerged weighing, calculate the volume as follows:

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

where:

- W_s = apparent mass of submerged specimen, kg [lb], and
- γ_w = density of water at 23 °C [73.5 °F] = 997.5 kg/m³ [62.27 lbs/ft³].

9. Report

- 9.1 Report the following information:
 - 9.1.1 Identification number,
 - 9.1.2 Average measured diameter (and measured length, if outside the range of 1.8 D to 2.2 D), in millimetres [inches],
 - 9.1.3 Cross-sectional area, in square millimetres [square inches],
 - 9.1.4 Maximum load, in kilonewtons [pounds-force],
 - 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 0.1 MPa [10 psi],
 - 9.1.6 Type of fracture (see Fig. 2),
 - 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,
 - 9.1.8 Age of specimen.
 - 9.1.9 When determined, the density to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³].

10. Precision and Bias

10.1 Precision

³ Bartlett, F.M. and MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," *ACI Materials Journal*, Vol 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

10.1.1 *Within-Test Precision*—The following table provides the within-test precision of tests of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] and 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 10.1.2).

	Coefficient of Variation ⁴	Acceptable Range ⁴ of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

10.1.2 The within-test coefficient of variation represents the expected variation of measured strength of companion cylinders prepared from the same sample of concrete and tested by one laboratory at the same age. The values given for the within-test coefficient of variation of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 2000 and 15 to 55 MPa [8000 psi] and those for 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 17 to 32 MPa [2500 and 4700 psi]. The within-test coefficients of variation for 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵ The within-test coefficient of variation of 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions.

10.1.3 *Multilaboratory Precision*—The multi-laboratory coefficient of variation for compressive strength test results of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders has been found to be 5.0 %⁴; therefore, the results of properly conducted tests by two laboratories on specimens prepared from the same sample of concrete are not expected to differ by more than 14 %⁴ of the average (See Note 14). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

NOTE 14—The multilaboratory precision does not include variations associated with different operators preparing test specimens from split or independent samples of concrete. These variations are expected to increase the multilaboratory coefficient of variation.

10.1.4 The multilaboratory data were obtained from six separate organized strength testing round robin programs where 150 x 300 mm [6 x 12 in.] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 17.0 to 90 MPa [2500 to 13 000 psi].

NOTE 15—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precision statements when data indicate that they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

⁴ These numbers represent respectively the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1006.

 C39/C39M – 14

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12a, that may impact the use of this test method. (Approved February 1, 2014)

(1) Modified 7.4.

(2) Added 7.4.2 and Note 11.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12, that may impact the use of this test method. (Approved September 1, 2012)

(1) Revised 5.1.1.1.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).

ANEXO 04

ASTM C 78 – 02 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UNA VIGA SIMPLE CONCRETO CON CARGA DE TERCER PUNTO)



Designation: C 78 – 02

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)¹

This standard is issued under the fixed designation C 78; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the flexural strength of concrete by the use of a simple beam with third-point loading.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI equivalent of inch-pound units has been rounded where necessary for practical application.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation²
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³

3. Significance and Use

3.1 This test method is used to determine the flexural strength of specimens prepared and cured in accordance with Test Methods C 42 or Practices C 31 or C 192. Results are calculated and reported as the modulus of rupture. The strength determined will vary where there are differences in specimen size, preparation, moisture condition, curing, or where the

beam has been molded or sawed to size.

3.2 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for proportioning, mixing and placement operations. It is used in testing concrete for the construction of slabs and pavements (Note 1).

4. Apparatus

4.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practices E 4. Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption.

4.2 *Loading Apparatus*—The third point loading method shall be used in making flexure tests of concrete employing bearing blocks which will ensure that forces applied to the beam will be perpendicular to the face of the specimen and applied without eccentricity. A diagram of an apparatus that accomplishes this purpose is shown in Fig. 1.

4.2.1 All apparatus for making flexure tests of concrete shall be capable of maintaining the specified span length and distances between load-applying blocks and support blocks constant within ± 0.05 in. (± 1.3 mm).

4.2.2 The ratio of the horizontal distance between the point of application of the load and the point of application of the nearest reaction to the depth of the beam shall be 1.0 ± 0.03 .

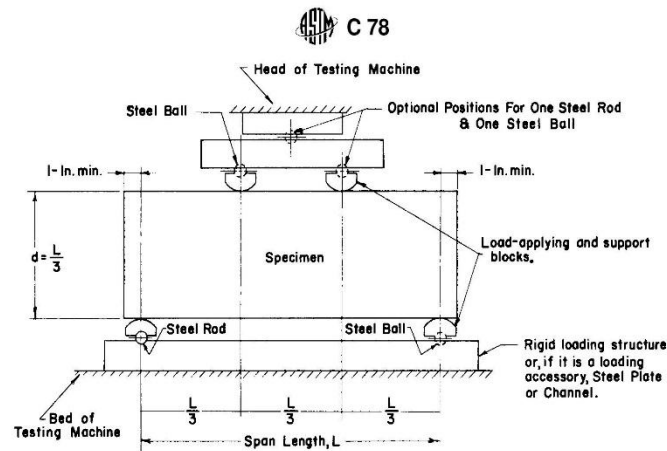
4.2.3 If an apparatus similar to that illustrated in Fig. 1 is used; the load-applying and support blocks should not be more than $2\frac{1}{2}$ in. (64 mm) high, measured from the center or the axis of pivot, and should extend entirely across or beyond the full width of the specimen. Each case-hardened bearing surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.002 in. (0.05 mm) and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block should be at least 45° (0.79 rad). The load-applying and support blocks shall be maintained in a vertical position and in

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Jan. 10, 2002. Published March 2002. Originally published as C 78 – 30T. Last previous edition C 78 – 00.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.



NOTE 1—This apparatus may be used inverted. If the testing machine applies force through a spherically seated head, the center pivot may be omitted, provided one load-applying block pivots on a rod and the other on a ball.
NOTE 2—1 in. = 25.4 mm.

FIG. 1 Diagrammatic View of a Suitable Apparatus for Flexure Test of Concrete by Third-Point Loading Method

contact with the rod or ball by means of spring-loaded screws that hold them in contact with the pivot rod or ball. The uppermost bearing plate and center point ball in Fig. 1 may be omitted when a spherically seated bearing block is used, provided one rod and one ball are used as pivots for the upper load-applying blocks.

5. Testing

5.1 The test specimen shall conform to all requirements of Test Method C 42 or Practices C 31 or C 192 applicable to beam and prism specimens and shall have a test span within 2 % of being three times its depth as tested. The sides of the specimen shall be at right angles with the top and bottom. All surfaces shall be smooth and free of scars, indentations, holes, or inscribed identification marks.

5.2 The technician performing the flexural strength test should be certified as an ACI Technician—Grade II, or by an equivalent written and performance test program.

NOTE 1—The testing laboratory performing this test method may be evaluated in accordance with Practice C 1077.

6. Procedure

6.1 Flexural tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practical after removal from moist storage. Surface drying of the specimen results in a reduction in the measured flexural strength.

6.2 When using molded specimens, turn the test specimen on its side with respect to its position as molded and center it on the support blocks. When using sawed specimens, position the specimen so that the tension face corresponds to the top or bottom of the specimen as cut from the parent material. Center the loading system in relation to the applied force. Bring the load-applying blocks in contact with the surface of the specimen at the third points and apply a load of between 3 and 6 % of the estimated ultimate load. Using 0.004 in. (0.10 mm) and 0.015 in. (0.38 mm) leaf-type feeler gages, determine whether

any gap between the specimen and the load-applying or support blocks is greater or less than each of the gages over a length of 1 in. (25 mm) or more. Grind, cap, or use leather shims on the specimen contact surface to eliminate any gap in excess of 0.004 in. (0.10 mm) in width. Leather shims shall be of uniform 1/4 in. (6.4 mm) thickness, 1 to 2 in. (25 to 50 mm) width, and shall extend across the full width of the specimen. Gaps in excess of 0.015 in. (0.38 mm) shall be eliminated only by capping or grinding. Grinding of lateral surfaces should be minimized inasmuch as grinding may change the physical characteristics of the specimens. Capping shall be in accordance with the applicable sections of Practice C 617.

6.3 Load the specimen continuously and without shock. The load shall be applied at a constant rate to the breaking point. Apply the load at a rate that constantly increases the extreme fiber stress between 125 and 175 psi/min (0.86 and 1.21 MPa/min) until rupture occurs. The loading rate is calculated using the following equation:

$$r = Sbd^2/L \tag{1}$$

where:

- r = loading rate, lb/min (MN/min),
- S = rate of increase in extreme fiber stress, psi/min (MPa/min),
- b = average width of the specimen, in. (mm),
- d = average depth of the specimen, in. (mm), and
- L = span length, in (mm).

7. Measurement of Specimens After Test

7.1 To determine the dimensions of the specimen cross section for use in calculating modulus of rupture, take measurements across one of the fractured faces after testing. For each dimension, take one measurement at each edge and one at the center of the cross section. Use the three measurements for each direction to determine the average width and the average depth. Take all measurements to the nearest 0.05 in. (1 mm). If



C 78

the fracture occurs at a capped section, include the cap thickness in the measurement.

8. Calculation

8.1 If the fracture initiates in the tension surface within the middle third of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = PL/bd^2 \tag{2}$$

where:

- R = modulus of rupture, psi, or MPa,
- P = maximum applied load indicated by the testing machine, lbf, or N,
- L = span length, in., or mm,
- b = average width of specimen, in., or mm, at the fracture, and
- d = average depth of specimen, in., or mm, at the fracture.

NOTE 2—The weight of the beam is not included in the above calculation.

8.2 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by not more than 5 % of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = 3Pa/bd^2 \tag{3}$$

where:

- a = average distance between line of fracture and the nearest support measured on the tension surface of the beam, in., (or mm).

NOTE 3—The weight of the beam is not included in the above calculation.

8.3 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by more than 5 % of the span length, discard the results of the test.

9. Report

- 9.1 Report the following information:
 - 9.1.1 Identification number,

- 9.1.2 Average width to the nearest 0.05 in. (1 mm),
- 9.1.3 Average depth to the nearest 0.05 in. (1 mm),
- 9.1.4 Span length in inches (or millimeters),
- 9.1.5 Maximum applied load in pound-force (or newtons),
- 9.1.6 Modulus of rupture calculated to the nearest 5 psi (0.05 MPa),
- 9.1.7 Curing history and apparent moisture condition of the specimens at the time of test,
- 9.1.8 If specimens were capped, ground, or if leather shims were used,
- 9.1.9 Whether sawed or molded and defects in specimens, and
- 9.1.10 Age of specimens.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—The coefficient of variation of test results has been observed to be dependent on the strength level of the beams.⁴ The single operator coefficient of variation has been found to be 5.7 %. Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on beams made from the same batch sample should not differ from each other by more than 16 %. The multilaboratory coefficient of variation has been found to be 7.0 %. Therefore, results of two different laboratories on beams made from the same batch sample should not differ from each other by more than 19 %.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted standard for determining bias in this test method, no statement on bias is made.

11. Keywords

- 11.1 beams; concrete; flexural strength testing; modulus of rupture

⁴ See "Improved Concrete Quality Control Procedures Using Third Point Loading" by P. M. Carrasquillo and R. L. Carrasquillo, Research Report 119-1F, Project 3-9-87-1119, Center For Transportation Research, The University of Texas at Austin, November 1987, for possible guidance as to the relationship of strength and variability.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO 05

CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO

CERTIFICADO DE CALIDAD



RUMI

CEMENTO PORTLAND TIPO IP

	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
REQUERIMIENTOS QUIMICOS:		
Óxido de Magnesio, MgO, %	1.54	6.00 Máximo
Tróxido de Azufre, SO ₃ , %	1.80	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F. %	2.33	5.00 Máximo
REQUERIMIENTOS FISICOS:		
Peso Específico (g/cm ³)	2.82	No Especifico
Expansión en Autoclave, %	-0.03	0.80 Máximo
Tiempo de Fregado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fregado (Inicial)	224	45 Mínimo
Tiempo de Fregado (Final)	269	430 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	3.59	13.00 Máximo
Superficie específica Blaine	4961	No Especifico
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm ²)		Mínimo :
01 día	10.22 (104)	No Especifico
03 días	20.01 (204)	13.0 (133)
07 días	24.20 (247)	20.0 (204)
28 días	32.23 (329)	25.0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Diciembre confirmando que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 334.090

Arequipa, 02 de Enero 2017



Gonzalo Álvarez Cárdenas
Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad
Yura S.A.

Planta: Carretera Yura Km. 28 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Díaz Canevaro 527 - Arequipa
Tel.: (01 94) 499090 / 229000

ANEXO 06

DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



CONTROL DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILINDRICOS DE CONCRETO (ASTM C-39)

TESIS:

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48

TESISTAS:

Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
Bach. RONALD ANGEL MAMAMANI
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

LUGAR:

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES			AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA	
				DIAMETRO 1 (cm)	DIAMETRO 2 (cm)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)						ALTIMETRO (cm)
CN-01	07/11/2017	05/12/2017	28	15.24	15.22	15.23	30.20	182.18	381.47	209.40	210	99.71%
CN-02	07/11/2017	05/12/2017	28	15.15	15.17	15.16	30.50	180.50	382.90	212.13	210	101.01%
CN-03	07/11/2017	05/12/2017	28	15.29	15.23	15.26	30.40	182.89	386.15	211.13	210	100.54%
CN-04	07/11/2017	05/12/2017	28	15.31	15.29	15.30	30.60	183.85	386.61	210.28	210	100.13%
CN-05	07/11/2017	05/12/2017	28	15.35	15.26	15.31	30.50	183.97	391.09	212.58	210	101.23%
CN-06	07/11/2017	05/12/2017	28	15.23	15.36	15.30	30.50	183.73	381.43	207.60	210	98.86%
CFM-50-1	13/11/2017	11/12/2017	28	15.23	15.26	15.25	30.20	182.53	325.19	178.15	210	84.83%
CFM-50-2	13/11/2017	11/12/2017	28	15.21	15.27	15.24	30.45	182.41	335.09	183.70	210	87.47%
CFM-50-3	13/11/2017	11/12/2017	28	15.24	15.31	15.28	30.40	183.25	367.24	200.40	210	95.43%
CFM-50-4	13/11/2017	11/12/2017	28	15.20	15.39	15.30	30.50	183.73	327.22	178.09	210	84.81%
CFM-50-5	13/11/2017	11/12/2017	28	15.22	15.30	15.26	30.20	182.89	344.20	188.20	210	89.62%
CFM-50-6	13/11/2017	11/12/2017	28	15.20	15.26	15.23	30.60	182.18	351.86	193.14	210	91.97%
CFM-40-1	13/11/2017	11/12/2017	28	15.22	15.31	15.27	30.85	183.01	433.01	236.60	210	112.67%
CFM-40-2	13/11/2017	11/12/2017	28	15.36	15.20	15.28	30.60	183.37	386.73	210.90	210	100.43%
CFM-40-3	13/11/2017	11/12/2017	28	15.37	15.23	15.30	30.90	183.85	394.32	214.47	210	102.13%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
Ing. Gines P. Laque Córdoba
TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA
MSc. Tig. Gines P. Laque Córdoba
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



CONTROL DEL ESFUERZO DE COMPRESION EN ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO (ASTM C-39)

TESIS: "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"

TESISTAS: Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
Bach. RONALD ANGEL MAMAMANI MAMANI
LUGAR: LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES			AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA	
				DIAMETRO 1 (cm)	DIAMETRO 2 (cm)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)						ALTURA (cm)
CFM-40-4	13/11/2017	11/12/2017	28	15,06	15,36	15,21	30,00	181,70	39210	215,80	210	102,76%
CFM-40-5	13/11/2017	11/12/2017	28	15,34	15,21	15,28	30,10	183,25	39161	213,70	210	101,76%
CFM-40-6	13/11/2017	11/12/2017	28	15,26	15,23	15,25	30,45	182,53	38768	212,39	210	101,14%
CFM-30-1	17/11/2017	15/12/2017	28	15,41	15,21	15,31	30,30	184,09	41740	226,73	210	107,97%
CFM-30-2	17/11/2017	15/12/2017	28	15,14	15,25	15,20	30,20	181,34	42030	231,78	210	110,37%
CFM-30-3	17/11/2017	15/12/2017	28	15,50	15,24	15,37	30,10	185,54	43340	233,59	210	111,23%
CFM-30-4	17/11/2017	15/12/2017	28	15,47	15,30	15,39	30,40	185,90	41810	224,90	210	107,10%
CFM-30-5	17/11/2017	15/12/2017	28	15,49	15,25	15,37	30,60	185,54	42080	226,80	210	108,00%
CFM-30-6	17/11/2017	15/12/2017	28	15,25	15,33	15,29	30,30	183,61	42520	231,57	210	110,27%
CFM-20-1	18/11/2017	16/12/2017	28	15,35	15,30	15,33	30,30	184,46	39858	216,09	210	102,90%
CFM-20-2	18/11/2017	16/12/2017	28	15,19	15,38	15,29	30,60	183,49	38777	211,33	210	100,63%
CFM-20-3	18/11/2017	16/12/2017	28	15,28	15,34	15,31	30,70	184,09	39651	215,38	210	102,56%
CFM-20-4	18/11/2017	16/12/2017	28	15,33	15,42	15,38	30,80	185,66	40415	217,68	210	103,66%
CFM-20-5	18/11/2017	16/12/2017	28	15,28	15,50	15,39	30,70	186,02	40993	217,14	210	103,40%
CFM-20-6	18/11/2017	16/12/2017	28	15,24	15,36	15,30	30,80	183,85	39825	216,61	210	103,15%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
Ing. Guillermo Isidoro Perca
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



CONTROL DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (ASTM C-39)

TESIS:

"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"

TESISTAS:

Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
Bach. RONALD ANGEL MAMAMI MAMANI

LUGAR:

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES			AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA
				DIAMETRO 1 (cm)	DIAMETRO 2 (cm)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)					
CFP-9-1	19/11/2017	17/12/2017	28	15.25	15.44	15.35	30.00	36500	197.36	210	93.98%
CFP-9-2	19/11/2017	17/12/2017	28	15.26	15.26	15.26	30.40	36000	196.84	210	93.73%
CFP-9-3	19/11/2017	17/12/2017	28	15.13	15.48	15.31	30.90	35660	193.83	210	92.30%
CFP-9-4	19/11/2017	17/12/2017	28	15.34	15.30	15.32	30.00	35500	192.58	210	91.71%
CFP-9-5	19/11/2017	17/12/2017	28	15.47	15.43	15.45	30.20	35976	191.90	210	91.38%
CFP-9-6	19/11/2017	17/12/2017	28	15.23	15.28	15.26	30.60	36120	197.62	210	94.11%
CFP-7-1	19/11/2017	17/12/2017	28	15.45	15.46	15.46	30.50	39550	210.82	210	100.39%
CFP-7-2	19/11/2017	17/12/2017	28	15.30	15.34	15.32	30.70	38580	209.29	210	99.66%
CFP-7-3	19/11/2017	17/12/2017	28	15.18	15.26	15.22	30.40	38930	213.98	210	101.89%
CFP-7-4	19/11/2017	17/12/2017	28	15.25	15.26	15.26	30.10	40400	221.04	210	105.26%
CFP-7-5	19/11/2017	17/12/2017	28	15.28	15.33	15.31	30.50	39030	214.24	210	111.61%
CFP-7-6	19/11/2017	17/12/2017	28	15.20	15.26	15.23	30.50	45190	249.20	210	118.67%
CFP-5-1	18/11/2017	16/12/2017	28	15.25	15.14	15.20	30.60	45620	253.24	210	120.59%
CFP-5-2	18/11/2017	16/12/2017	28	15.15	15.14	15.15	30.20	45890	247.65	210	117.93%
CFP-5-3	18/11/2017	16/12/2017	28	15.44	15.28	15.36	30.70				



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
Ing. Guillermo Pérez
TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
MSc. Gisel F. Loarte Córdoba
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



CONTROL DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO (ASTM C-39)

TESIS:

"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"

TESISTAS:

Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
 Bach. RONALD ANGEL MAMAMI MAMANI
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

LUGAR:

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	DIMENSIONES				AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA ALCANZADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESISTENCIA
				DIAMETRO 1 (cm)	DIAMETRO 2 (cm)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)					
CFP-5-4	18/11/2017	16/12/2017	28	15.18	15.30	15.24	30.20	182.41	45260	248.12	210	118.15%
CFP-5-5	18/11/2017	16/12/2017	28	15.27	15.31	15.29	30.40	183.61	43440	236.58	210	112.66%
CFP-5-6	18/11/2017	16/12/2017	28	15.26	15.34	15.30	30.30	183.85	44920	244.32	210	116.34%
CFP-2-1	18/11/2017	16/12/2017	28	15.15	15.46	15.31	30.10	183.97	42710	232.15	210	110.55%
CFP-2-2	18/11/2017	16/12/2017	28	15.30	15.20	15.25	30.70	182.65	41780	228.74	210	108.92%
CFP-2-3	18/11/2017	16/12/2017	28	15.21	15.14	15.18	30.10	180.86	43750	241.90	210	115.19%
CFP-2-4	18/11/2017	16/12/2017	28	15.45	15.23	15.34	30.60	184.82	43480	235.26	210	112.03%
CFP-2-5	18/11/2017	16/12/2017	28	15.40	15.21	15.31	30.40	183.97	42890	233.13	210	111.01%
CFP-2-6	18/11/2017	16/12/2017	28	15.23	15.27	15.25	30.20	182.65	43260	236.84	210	112.78%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
 Ing. Guillermo Isidoro Percca
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
 Ing. Gino Plazuela Córdova
 JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 07

DATOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (ASTM C-78)

"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXION DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"

Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
Bach. RONALDO ANGEL MAMAMANI MAMANI
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

TESIS:
TESISTAS:
LUGAR:

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	BASE					PERALTE				DISTANCIA ENTRE APOYOS L (cm)	LECTURA DEL DIAL		RESISTENCIA A LA FLEXION LECTURADA (kg-f/cm ²)	RESISTENCIA A LA FLEXION R (MPa)
				b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	d1 (cm)	d2 (cm)	d3 (cm)	d promedio (cm)	P (kg-f)		P (N)			
CN-01	07/11/2017	05/12/2017	28	15.10	15.20	15.20	15.17	15.40	15.30	15.30	15.33	15.33	2120.00	20790.10	27.18	2.67	
CN-02	07/11/2017	05/12/2017	28	14.95	15.20	15.20	15.12	15.20	15.40	15.30	15.30	15.30	2063.60	20237.00	36.66	2.61	
CN-03	07/11/2017	05/12/2017	28	14.95	14.95	15.10	15.00	15.30	15.30	15.30	15.37	15.37	2084.50	20441.96	26.91	2.64	
CN-04	07/11/2017	05/12/2017	28	15.10	15.20	15.10	15.13	15.10	15.40	15.30	15.27	15.27	2067.50	20275.25	26.80	2.63	
CN-05	07/11/2017	05/12/2017	28	15.10	15.00	15.05	15.05	15.50	15.60	15.30	15.43	15.43	1983.90	19455.41	25.30	2.48	
CN-06	07/11/2017	05/12/2017	28	15.15	15.10	15.05	15.10	15.30	15.30	15.20	15.27	15.27	2075.30	20351.74	26.96	2.64	
CFM-50-1	13/11/2017	11/12/2017	28	15.20	15.20	15.19	15.20	14.95	14.90	15.15	15.00	15.00	2712.15	26597.11	36.27	3.56	
CFM-50-2	13/11/2017	11/12/2017	28	15.20	15.20	15.18	15.19	15.30	15.30	15.00	15.20	15.20	2620.10	25694.40	34.13	3.35	
CFM-50-3	13/11/2017	11/12/2017	28	15.12	15.15	15.20	15.16	15.25	15.25	15.35	15.28	15.28	2603.40	25530.63	33.62	3.30	
CFM-50-4	13/11/2017	11/12/2017	28	15.05	15.10	15.20	15.12	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	2617.60	25669.89	34.49	3.38	
CFM-50-5	13/11/2017	11/12/2017	28	15.15	15.20	15.15	15.17	15.20	15.35	15.35	15.30	15.30	2731.20	26783.92	35.17	3.45	
CFM-50-6	13/11/2017	11/12/2017	28	15.20	15.15	15.15	15.21	15.225	15.225	15.075	15.18	15.18	2618.70	25680.67	34.18	3.35	

* Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times a}{b \times d^2}$$

a=distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
Ing. Guillermo Isidoro Purca
TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
MSc. Ing. Gino Enrique Cortijo
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (ASTM C-78)

TESIS:

"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"

TESISTAS:

Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
 Bach. RONALD ANGEL MAMANI MAMANI

LUGAR:

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	BASE				PERALTE				DISTANCIA ENTRE APOYOS L (cm)	LECTURA DEL DIAL		RESISTENCIA A LA FLEXION LECTURADA (kg-f/cm ²)	RESISTENCIA A LA FLEXION R (MPa)
				b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	d1 (cm)	d2 (cm)	d3 (cm)	d promedio (cm)		P (kgf)	P (N)		
CFM-40-1	13/11/2017	11/12/2017	28	15.20	15.25	15.15	15.20	15.20	15.20	15.20	15.18	15.18	2221.70	21787.43	28.99	2.84
CFM-40-2	13/11/2017	11/12/2017	28	15.15	15.20	15.10	15.15	15.20	15.15	15.20	15.13	15.13	2295.80	22514.11	30.25	2.97
CFM-40-3	13/11/2017	11/12/2017	28	15.05	15.10	15.00	15.05	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	2218.00	21751.15	29.36	2.88
CFM-40-4	28/11/2017	26/12/2017	28	15.00	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.25	15.00	15.13	2313.30	22685.72	30.58	3.00
CFM-40-5	28/11/2017	26/12/2017	28	15.00	15.20	15.20	15.20	15.20	15.13	15.20	15.25	15.25	2264.60	22208.14	29.42	2.88
CFM-40-6	28/11/2017	26/12/2017	28	15.10	15.20	15.00	15.10	15.20	15.10	15.20	15.22	15.20	2292.14	22478.21	29.97	2.94
CFM-30-1	17/11/2017	15/12/2017	28	15.18	15.10	15.15	15.14	15.00	15.17	15.20	15.27	15.27	2141.30	20998.98	27.74	2.72
CFM-30-2	17/11/2017	15/12/2017	28	15.10	15.20	15.20	15.17	15.20	15.19	15.00	15.23	15.23	2105.90	20651.82	27.36	2.68
CFM-30-3	17/11/2017	15/12/2017	28	15.18	15.20	15.20	15.19	15.10	15.19	15.40	15.30	15.27	2197.70	21552.07	28.37	2.78
CFM-30-4	17/11/2017	15/12/2017	28	15.12	15.00	15.20	15.11	15.10	15.11	15.20	15.10	15.13	2291.70	22473.90	30.28	2.97
CFM-30-5	17/11/2017	15/12/2017	28	15.10	15.21	15.10	15.14	15.10	15.14	15.20	15.10	15.13	2182.60	21403.99	28.79	2.82
CFM-30-6	17/11/2017	15/12/2017	28	15.15	15.15	15.1	15.13	15.20	15.13	15.20	15.10	15.18	2212.30	21695.25	28.99	2.84

* Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times a}{b \times d^2}$$

a=distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medido sobre la zona de tensión de la viga



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
 Ing. Guillermo Isidoro Percca
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
 MS.-Ing. Gino Enrique Córdova
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (ASTM C-78)

TESIS:

"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXION DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"

Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS

Bach. RONALD ANGEL MAMANI MAMANI

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

TESISTAS:

LUGAR:

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	BASE					PERALTE			DISTANCIA ENTRE APOYOS L (cm)	LECTURA DEL DIAL		RESISTENCIA A LA FLEXION LECTURADA (kg-f/cm ²)	RESISTENCIA A LA FLEXION R (MPa)
				b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	d1 (cm)	d2 (cm)	d3 (cm)	d promedio (cm)		P (kg-f)	P (N)		
CFM-20-1	17/11/2017	15/12/2017	28	15.01	15.27	15.21	15.16	15.25	15.60	15.45	15.43	2221.50	21785.47	28.12	2.76	
CFM-20-2	17/11/2017	15/12/2017	28	15.25	15.21	15.20	15.22	15.18	15.10	15.10	15.13	2029.50	19902.60	26.64	2.61	
CFM-20-3	17/11/2017	15/12/2017	28	15.20	15.18	15.26	15.21	15.29	15.39	15.20	15.29	2288.40	22441.54	29.40	2.88	
CFM-20-4	28/11/2017	26/12/2017	28	15.05	15.20	15.15	15.13	15.10	15.25	15.31	15.22	2140.00	20986.23	27.91	2.74	
CFM-20-5	28/11/2017	26/12/2017	28	15.15	15.20	15.10	15.15	15.00	15.28	15.32	15.20	2288.80	22445.46	29.90	2.93	
CFM-20-6	28/11/2017	26/12/2017	28	15.20	15.15	15.10	15.15	15.19	15.15	15.20	15.18	2084.80	20444.90	27.30	2.68	
CFP-9-1	19/11/2017	17/12/2017	28	15.15	15.22	15.15	15.17	15.10	15.50	15.30	15.30	2557.30	25078.55	32.92	3.23	
CFP-9-2	19/11/2017	17/12/2017	28	15.14	15.00	15.10	15.08	15.20	15.65	15.60	15.48	2494.10	24458.77	31.54	3.09	
CFP-9-3	19/11/2017	17/12/2017	28	15.10	15.20	15.10	15.13	15.50	15.75	15.20	15.48	2609.70	25592.41	32.89	3.23	
CFP-9-4	19/11/2017	17/12/2017	28	15.10	15.10	15.15	15.12	15.50	15.70	15.50	15.57	2548.00	24987.34	31.80	3.12	
CFP-9-5	19/11/2017	17/12/2017	28	15.00	15.10	15.10	15.07	15.20	15.40	15.30	15.30	2640.20	25793.45	34.10	3.34	
CFP-9-6	19/11/2017	17/12/2017	28	15.15	15.10	15.05	15.10	15.15	15.30	15.25	15.23	2594.60	25444.33	33.85	3.32	

* Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times a}{b \times d^2}$$

a-distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
ING. CIVIL FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
MSc. Ing. Cirilo Enrique Córdoba
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (ASTM C-78)

TESIS: "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXION DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 65-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48"

TESISTAS:
Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
Bach. RONALD ANGEL MAMAMANI MAMANI
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

LUGAR: PUNO

DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	BASE						PERALTE				DISTANCIA ENTRE APOYOS L (cm)	LECTURA DEL DIAL		RESISTENCIA A LA FLEXION LECTURADA (kgf/cm2)	RESISTENCIA A LA FLEXION R (MPa)
				b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	d1 (cm)	d2 (cm)	d3 (cm)	d promedio (cm)	P (kg-f)	P (N)					
CFP-7-1	19/11/2017	17/12/2017	28	15.00	15.00	15.00	15.03	15.35	15.20	15.38	15.38	15.38	23201.55	30.41	2.98			
CFP-7-2	19/11/2017	17/12/2017	28	15.20	15.20	15.00	15.13	15.50	15.60	15.65	15.60	15.60	2533.40	24844.17	3.09			
CFP-7-3	19/11/2017	17/12/2017	28	15.00	15.00	15.10	14.90	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	24002.76	31.73	3.11			
CFP-7-4	28/11/2017	26/12/2017	28	15.00	15.00	14.90	15.00	14.97	15.30	15.55	15.38	15.38	2415.20	23685.02	3.06			
CFP-7-5	28/11/2017	26/12/2017	28	15.10	15.00	15.10	15.07	15.45	15.40	15.47	15.47	15.47	2303.50	22589.62	2.87			
CFP-7-6	28/11/2017	26/12/2017	28	14.95	15.10	15.05	15.03	15.30	15.30	15.40	15.27	15.27	2395.60	23492.81	3.07			
CFP-5-1	24/11/2017	22/12/2017	28	15.05	15.10	15.10	15.08	15.40	15.45	15.45	15.35	15.35	2035.50	19961.44	2.57			
CFP-5-2	24/11/2017	22/12/2017	28	15.00	15.15	15.05	15.07	15.20	15.10	15.10	15.13	15.13	2087.60	20472.36	2.71			
CFP-5-3	24/11/2017	22/12/2017	28	15.05	15.10	15.10	15.13	15.30	15.30	15.40	15.30	15.33	2278.00	22339.55	2.87			
CFP-5-4	24/11/2017	22/12/2017	28	15.20	15.10	15.20	15.13	15.10	15.10	15.20	15.20	15.20	2146.50	21049.97	2.73			
CFP-5-5	24/11/2017	22/12/2017	28	15.10	15.10	15.20	15.17	15.50	15.60	15.60	15.43	15.43	2117.70	20767.54	2.63			
CFP-5-6	24/11/2017	22/12/2017	28	15.05	15.15	15.10	15.10	15.25	15.30	15.30	15.15	15.15	2136.30	20949.95	2.73			

* Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

 Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times a}{b \times d^2}$$

a=distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
MSc. Ing. Guido F. Llanos Córdova
JEFE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
Ing. Cristóbal Perico
TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (ASTM C-78)

TESIS:

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO NORMAL, CON FIBRA SIKA FIBER CHO 66-35-NB Y CON FIBRA SIKA FIBER FORCE PP-48

TESISTAS:

Bach. FRANCISCO DANIEL FLORES VARGAS
Bach. RONALD ANGEL MAMANI MAMANI
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C. - U.N.A. PUNO

LUGAR:

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	BASE						PERALTE			DISTANCIA ENTRE APOYOS L (cm)	LECTURA DEL DIAL		RESISTENCIA A LA FLEXION LECTURADA (kg-f/cm ²)	RESISTENCIA A LA FLEXION R (MPa)
				b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	b promedio (cm)	d1 (cm)	d2 (cm)	d3 (cm)	d promedio (cm)	P (kg-f)		P (N)			
CFP-2-1	24/11/2017	27/12/2017	28	15.10	15.20	15.00	15.10	15.15	15.30	15.30	15.30	15.25	45.72	2019.60	18805.51	26.29	2.58
CFP-2-2	24/11/2017	27/12/2017	28	15.10	15.15	15.20	15.15	15.20	15.20	15.20	15.20	15.27	45.72	2084.70	20443.92	26.99	2.65
CFP-2-3	24/11/2017	26/12/2017	28	15.15	15.10	15.10	15.12	15.30	15.50	15.50	15.43	15.43	45.72	2159.40	21176.48	27.42	2.69
CFP-2-4	28/11/2017	26/12/2017	28	15.10	15.05	15.05	15.07	15.30	15.60	15.30	15.40	15.40	45.72	2111.60	20707.72	27.02	2.65
CFP-2-5	28/11/2017	26/12/2017	28	15.10	15.00	15.10	15.07	15.40	15.55	15.50	15.48	15.48	45.72	2230.30	21871.77	28.23	2.77
CFP-2-6	28/11/2017	26/12/2017	28	15.05	15.10	15.15	15.10	15.25	15.25	15.25	15.23	15.23	45.72	2089.60	20491.98	27.26	2.67

* Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \times a}{b \times d^2}$$

a-distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
Ing. Guillermo Isidro Peres
TECNICO DE LABORATORIO

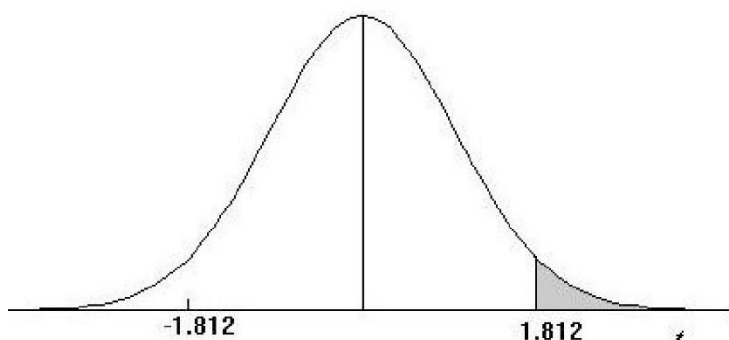
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
MSc. José Luis F. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 08

TABLAS ESTADÍSTICAS

TABLA 2: DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

Puntos de porcentaje de la distribución t



Ejemplo

Para $\phi = 10$ grados de libertad:

$P[t > 1.812] = 0.05$
 $P[t < -1.812] = 0.05$

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

ANEXO 09

HOJA TÉCNICA SIKA FIBER FORCE PP-48



HOJA TÉCNICA

Sika® Fiber Force PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber Force PP 48, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de poliolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

USOS

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

1/4

DATOS BÁSICOS

FORMA	<p>ASPECTO Fibra monofilamento deformada mecánicamente.</p> <p>COLORES Blanco</p> <p>PRESENTACIÓN Caja x 5 kg</p>
ALMACENAMIENTO	<p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.</p>
NORMAS	<p>Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado. ▪ ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras. ▪ ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras. ▪ ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete. ▪ ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018. ▪ ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.) ▪ JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14. ▪ EFNARC panel cuadrado-2005 ▪ ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto. ▪ ACI 506 Guía para Shotcrete. ▪ EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.

DATOS TÉCNICOS	<p>ABSORCIÓN DE AGUA 0%</p> <p>GRAVEDAD ESPECÍFICA 0.92</p> <p>LARGO DE LA FIBRA 48 mm</p> <p>ANCHO DE LA FIBRA 1.2855 mm</p> <p>ESPESOR DE LA FIBRA 0.3325 mm</p> <p>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN 620 Mpa</p> <p>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Baja</p> <p>FIBRAS POR KILO 32,760 unidades +/- 3%</p> <p>PUNTO DE FUSIÓN 440 °C</p> <p>PUNTO DE ABLANDAMIENTO 170 °C</p> <p>RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS Alta.</p>
-----------------------	--

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1



	<p>COMPATIBILIDAD Sika® Fiber Force PP-48 es compatible con todos los aditivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 para reemplazar refuerzos estructurales.</p> <p>PRECAUCIONES No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.</p>
<p>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</p>	
<p>DETALLES DE APLICACIÓN</p>	<p>CONSUMO / DOSIS La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido. En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzamiento ó proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.</p>
<p>MÉTODO DE APLICACIÓN</p>	<p>DISEÑOS DE MEZCLAS Y PROCEDIMIENTOS El refuerzo con Sika® Fiber Force PP-48 es un proceso mecánico, no químico. Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de Sika Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macrosintética Sika® Fiber Force PP-48 se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.</p> <p>ACABADO Se puede dar un acabado al concreto reforzado con Sika® Fiber Force PP-48 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.</p>
<p>BASES</p>	<p>Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.</p>
<p>RESTRICCIONES LOCALES</p>	<p>Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.</p>
<p>INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE</p>	<p>Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.</p>
<p>NOTAS LEGALES</p>	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en</p>

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

3/4

BUILDING TRUST



condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fiber Force PP-48 :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
CG, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

ANEXO 10

HOJA TÉCNICA SIKA FIBER CHO 65-35NB



HOJA TÉCNICA

Sika® Fiber CHO 65/35 NB

Fibra de acero pegadas para refuerzo del concreto normal y concreto proyectado

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

USOS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.

En concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (trafico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

Hoja Técnica
Sika® Fiber CHO 65/35 NB
17.07.15, Edición 6

1/4

DATOS BÁSICOS

FORMA	<p>COLORES Negro</p> <p>ASPECTO: Fibras de Acero pegadas</p> <p>PRESENTACIÓN Sacos de papel x 20 kg.</p>
ALMACENAMIENTO	<p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Los sacos de Sika® Fiber CHO 65/35 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.</p>
DATOS TÉCNICOS	<p>LONGITUD 35 mm con extremos conformados.</p> <p>DIÁMETRO DE LA FILA 0.54 mm</p> <p>RELACIÓN LONGITUD/ DIÁMETRO 65</p> <p>RESISTENCIA A TRACCIÓN 1350 MPa +/- 7.5%</p> <p>ELONGACIÓN DE ROTURA 4% máx.</p> <p>NORMAS Sika® Fiber CHO 65/35 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.</p>

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS Normalmente entre 20 y 50 kg. de Sika® Fiber CHO 65/35 NB por m³ de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>METODO DE LA APLICACION Sika® Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. ▪ En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. ▪ En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.

Hoja Técnica
Sika® Fiber CHO 65/35 NB
17.07.15, Edición 6

2/4

BUILDING TRUST



- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

OBSERVACIONES TÉCNICAS

No agregue Sika® Fiber CHO 65/35 NB al mezclador antes de los áridos. Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.

**INSTRUCCIONES DE
SEGURIDAD**

**PRECAUCIONES DURANTE LA
MANIPULACION**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad.

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 5

la misma que deberá ser destruida”

Hoja Técnica
Sika® Fiber CHO 65/35 NB
17.07.15, Edición 6

3/4

BUILDING TRUST



PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fiber CHO 65/35 NB :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,
Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika® Fiber CHO 65/35 NB
17.07.15, Edición 6

4/4

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
JO, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

BUILDING TRUST



ANEXO 11

PRECIO DE LAS FIBRAS SIKA FIBER FORCE

PP-48 Y SIKA FIBER CHO 65-35NB



MVS REPRESENTACIONES S.R.L.
 NO. D. INT. 1 URB. AMPLIACIÓN LA NEGRITA
 AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
 TELÉFONOS: (+51-54) 20 16 09 | 21 63 15
 TELEFAX: (+51-54) 20 00 75 | NEXTEL: 602*540
 RPD: 958 335 256
 WWW.MVSREPRESENTACIONES.COM
 MVSAREQUIPA@SPEEDY.COM.PE | MVSVENTAS@SPEEDY.COM.PE

**GUIA DE REMISION
 REMITENTE
 R.U.C. 20411582982
 001- No 020864**

Arequipa, de del 201
 Nº R.U.C.: 25 AGOSTO Pedido Nº: 2017
 Fact Nº: B001-002929 Fecha: Transporte Subcontratado:

Punto de Partida : URB LA NEGRITA D-1 AREQUIPA, AREQUIPA
 Punto de Llegada : JR ECHENIQUE NRO 281 PUNO - PUNO - PUNO
 Remitente : MVS REPRESENTACIONES S.R.L.
 Destinatario :

CODIGO	CANT.	UNID.	DESCRIPCION DEL BIEN	P. UNIT.	PRECIO
92755	1.00	BOLS.	SIKA FIBER CHO 450SIB, BOLSA X 20 KG		
460494	1.00	CAJA	SIKA FIBER BORGEP FP 48 CAJA X 5 KG		

Handwritten notes:
 FINE PACOTES DESTINO
 ATENCION FRANCISCO DELGADO FLORES UNIDAD

DATOS DEL TRANSPORTISTA
 Transportista: EMPRESA DE TRANSPORTES FLORES HIJOS S.R.L. **203408**
 Domicilio: AV SAUCUNIMZA ALTO RESEPCION * 3
 Nº R.U.C.: 20119407733 Fecha Inicio Traslado: 27/08/2017

- MOTIVO DE TRASLADO**
- Venta
 - Traslado de bienes para transformados
 - Traslado entre establecimiento de la misma empresa
 - Compra
 - Traslado por emisor itinerante de comprobante
 - Recajo de bienes transformados
 - Consignación
 - Importación
 - Traslado Zona Primaria
 - Devolución
 - Exportación
 - Otros
 - Venta sujeta a confirmación del Comprador

DATOS DE IDENTIFICACION DE LA UNIDAD Y CONDUCTOR
 Marca: Placa: Certificado: Licencia: Costo mínimo del traslado:
 No ACEPTAMOS DEVOLUCIONES NI RECLAMOS DESPUÉS DE LA ENTREGA DE LA MERCADERIA

Configuración Vehicular:
 Impresiones S.A.C. R.U.C. 20498517235
 Urb. Las Orquídeas B-4-A
 Umacollo 958962169 - 259376
 Serie 001 del 0020001 al 021000 F.I. 16-12-2016
 Aut. Sunat 0125853051

Peso Bruto: Tara: CONTROL ADM
 Vº Bº ALMACEN Vº Bº RECIBI CONFORME



MVS REPRESENTACIONES S.R.L.

URB. AMPLIACION LA NEGRITA D-1, AREQUIPA, AREQUIPA, PERU
 TELF.: (054) 201609 TELEFAX: (054) 200075

"18 AÑOS AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN"

BOLETA ELECTRONICA
RUC: 20411582982

B001-002929

SEÑORES:	RONALD ANGEL MAMAMI MAMANI	FECHA EMISION:	28/08/2017
DIRECCION:	AREQUIPA AREQUIPA-AREQUIPA-AREQUIPA-PERU	VENCIMIENTO:	28/08/2017
		REPRESENTANTE:	N/D
		COND. DE PAGO:	CONTADO
G.REMISION:	001-020864	ORDEN COMPRA:	
		MONEDA:	SOLES

Cantidad	Unidad	PRODUCTO	P.Unitario	%	P.Parcial
1.000	BOLSA	SIKA FIBER CHO 85/35NB, BOLSA X 20 KG	170.00	0.00	170.00
1.000	CAJA	SIKA FIBER FORCE PP 48 CAJA X 5 KG	100.00	0.00	100.00

SON: DOSCIENTOS SIETE Y 00 / 100 SOLES

Resumen: ZZc9BFyk1+dXXrsuYq8K/EEZfUA=

TOTAL FACTURA: S/ 207.00

Representación impresa de la factura electrónica, para consultar el documento visita: www.mvsrepresentaciones.com

Autorizado mediante Resolución de Intendencia Nro.4023865700510

ANEXO 12

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES USADOS DEL LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES USADOS DEL LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

- Badilejos y cucharas marca truper



Cuchara de albañilería 7"



Badilejo 6"

- Taras de acero inoxidable según el volumen requerido para el ensayo

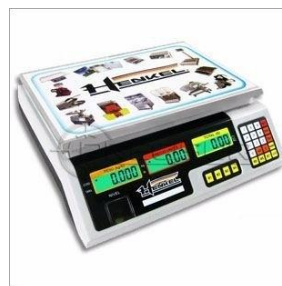


- Balanzas



Marca: AND
Modelo: GF-4000

Max: 4100g
Mín: 0.5g
e: 0.1g
d: 0.01g



Marca: HENKEL
Capacidad: 30kg

d: 5g
AC: 220V

- Horno

Marca: HUMBOLDT
Modelo: H-30160E.4F
Capacidad: 6.6 pies cúbicos
Controlador de temperatura tipo dial calibrado
T° Máx: 550 °F (287 °C)
AC: 230V

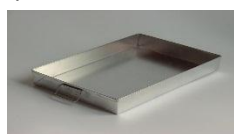


- Tamices

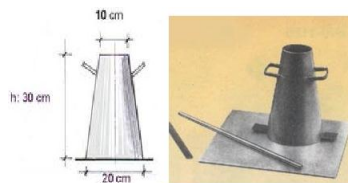
Marca: ELE INTERNATIONAL
Diámetro: 8" (203mm)
Alura: 2" (51mm)



- Bandejas de lata según volumen requerido



- Cono de Abrams (cono metálico)
 Marca: F.A.H.I.M. "Industria Peruana"
 \varnothing mayor: 20cm
 \varnothing menor: 10cm
 Altura: 30cm



- Varilla compactadora de acero 5/8"
 \varnothing varilla: 5/8"
 \varnothing punta semiesférica: 5/16"
 Longitud: 60cm



- Estufa
 Marca: SURGES
 Sistema: a gas



- Fiola
 Marca: Germany
 Capacidad: 500ml
 T°: 20°C



- Molde cónico metálico de absorción para prueba de peso específico más varilla compactadora

Molde cónico:
 \varnothing 1 del cono: 4.10cm
 \varnothing 2 del cono: 9.35cm
 H: 7.5cm



Varilla Compactadora:
 \varnothing 1 del cono: 2.5cm
 H1: 3.15cm
 \varnothing 2 del cono: 1.5cm
 H2: 14cm

- Probeta graduada
 Marca: CITOGLAS
 Capacidad: 1000ml
 T°: 20°C



- Buggy
 Marca: TRUPER
 Capacidad: 10kg



- Mezcladora
 Marca: ELE INTERNATIONAL
 Modelo: 34-3592/(CT-30A)
 Capacidad: 3 pies³
 Motor: 1/3HP, 1725RPM, 115V, 60HZ



- Pozas

Dimensiones: L=2.45m x A=0.65m x H=0.63m



Dimensiones: L=1.00m x A=1.00m x H=0.60m



- Mascarilla anti polvo

Marca: BELLSAFE



- Casco de seguridad

Marca: 3M AMERICANA

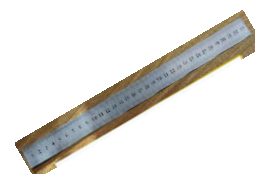


- Vernier y regla metálica

Marca: UTUSTOOLS
Largo: 6" (150mm)
Precisión: 0.02mm



Marca: UTUSTOOLS
Largo: 33.5cm



- Moldes cilíndricos metálicos

$\varnothing = 6''$ (150mm)
H= 12" (300mm)



- Moldes prismáticos metálicos

B= 6" (150mm)

H= 6" (150mm)

L= 20" (508mm)



- Máquina de Flexión

Marca: ORION "Industria Peruana"

Alcance de medición: 10,000 kgf

Manejo: Manual



- Máquina de Compresión

Marca: ELE INTERNATIONAL

Modelo: 1886B0033

Manejo: Manual

Capacidad de 2000 kN / 450 000 lbf

Prueba: cilindros de hasta 320 x 160 mm de diámetro

Voltaje: 240V

Ciclo: 60Hz



ANEXO 13

NÚMERO DE MUESTRAS PARA ESPECÍMENES CILÍNDRICOS Y PRISMÁTICOS DE CONCRETO BASADO EN LA NORMA ACI-318-08

REGLAMENTO

COMENTARIO

(c) Se cumpla con los requisitos de exposición especial del Capítulo 4.

5.6 — Evaluación y aceptación del concreto

5.6.1 — El concreto debe ensayarse de acuerdo con los requisitos de 5.6.2 a 5.6.5. Los ensayos de concreto fresco realizados en la obra, la preparación de probetas que requieran de un curado bajo condiciones de obra, la preparación de probetas que se vayan a ensayar en laboratorio y el registro de temperaturas del concreto fresco mientras se preparan las probetas de resistencia debe ser realizado por técnicos calificados en ensayos de campo. Todos los ensayos de laboratorio deben ser realizados por técnicos de laboratorio calificados.

5.6.2 — Frecuencia de los ensayos

5.6.2.1 — Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 110 m³ de concreto, ni menos de una vez por cada 460 m² de superficie de losas o muros.

5.6.2.2 — Cuando en un proyecto dado el volumen total de concreto sea tal que la frecuencia de ensayos

R5.6 — Evaluación y aceptación del concreto

Una vez que se ha seleccionado la dosificación y se ha iniciado la obra, los criterios para la evaluación y aceptación del concreto se pueden obtener de 5.6.

En el Reglamento se han hecho esfuerzos para proporcionar una base clara y precisa para determinar la aceptabilidad del concreto, así como para indicar el curso de acción que debe seguirse cuando los resultados de los ensayos de resistencia no son satisfactorios.

R5.6.1 — Los técnicos de campo y laboratorio pueden establecer su calificación certificándose a través de programas de certificación. Los técnicos de campo a cargo del muestreo del concreto, de ensayos de asentamiento, peso unitario, rendimiento, contenido de aire y temperatura; y de la fabricación y curado de probetas deben estar certificados de acuerdo con los requisitos del programa de certificación ACI para Técnicos en Ensayos de campo — Grado 1, o según los requisitos de ASTM C1077^{5,3}, o un programa equivalente. El personal de ensayo de laboratorio debe estar certificado de acuerdo con los requisitos del ACI para Técnico en Ensayos de Concreto en Laboratorio, Técnico en Ensayo de Resistencia del Concreto, o de acuerdo con los requisitos de ASTM C1077.

Los informes de ensayos deben ser rápidamente distribuidos al propietario, al profesional facultado para diseñar responsable del diseño, al contratista, al subcontratista que corresponda, a los proveedores de materiales que corresponda, y a la autoridad competente para permitir la identificación oportuna tanto de cumplimiento como de la necesidad de tomar acciones correctivas.

R5.6.2 — Frecuencia de los ensayos

R5.6.2.1 — Los siguientes tres criterios establecen la mínima frecuencia de muestreo requerida para cada clase de concreto:

- (a) Una vez cada día que se coloque determinada clase, pero no menos que
- (b) Una vez por cada 110 m³ de cada clase colocada cada día, ni menor que
- (c) Una vez por cada 460 m² de superficie de losa o muro construida cada día.

Sólo debe considerarse una cara de la losa o muro al calcular su superficie. Si el espesor promedio de la losa o del muro es menor que 240 mm, el criterio (c) requerirá de un muestreo mayor a una vez por cada 110 m³ colocados.

R5.6.2.2 — Las muestras para los ensayos de resistencia deben tomarse estrictamente al azar, si se pretende evaluar

REGLAMENTO

requerida por 5.6.2.1 proporcione menos de cinco ensayos de resistencia para cada clase dada de concreto, los ensayos deben hacerse por lo menos en cinco tandas de mezclado seleccionadas al azar, o en cada tanda cuando se empleen menos de cinco.

5.6.2.3 — Cuando la cantidad total de una clase dada de concreto sea menor que 38 m^3 , no se requieren ensayos de resistencia cuando la evidencia de que la resistencia es satisfactoria se envíe a la autoridad competente y sea aprobada por ella.

5.6.2.4 — Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 por 300 mm o de al menos tres probetas de 100 por 200 mm, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c .

5.6.3 — Probetas curadas en forma estándar

5.6.3.1 — Las muestras para ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con ASTM C172.

5.6.3.2 — Los cilindros para los ensayos de resistencia deben ser fabricados y curados en laboratorio de acuerdo con ASTM C31M, y deben ensayarse de acuerdo con ASTM C39M. Los cilindros deben ser de 100 por 200 mm o de 150 por 300 mm.

5.6.3.3 — El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

COMENTARIO

adecuadamente la aceptación del concreto. Para ser representativa, la elección del momento de muestreo o de las tandas de mezclado de concreto a muestrearse, debe hacerse al azar dentro del período de colocación. Las tandas de mezclado de donde se van a tomar las muestras no deben seleccionarse con base en la apariencia, la conveniencia, u otros criterios sesgados pues los conceptos estadísticos pierden su validez. No debe hacerse más de un ensayo (como se define en 5.6.2.4) de una sola tanda de mezclado, y no debe agregarse agua al concreto una vez que se haya tomado la muestra.

El método ASTM D3665^{5.4} describe los procedimientos para la selección aleatoria de las tandas de mezclado a ensayar.

R5.6.2.4 — Podría ser deseable contar con más de un número mínimo de probetas de ensayo de manera que permita el descarte de cilindros individuales con resistencia fuera de rango según el ACI 214R.^{5.5} Cuando las resistencias de cilindros individuales son descartadas de acuerdo con el ACI 214R, un ensayo de resistencia será válido siempre que se promedien las resistencias de al menos dos cilindros individuales de 150 por 300 mm o de al menos tres cilindros de 100 por 200 mm. Las resistencias de todos los cilindros individuales que no hayan sido descartados según el ACI 214R deben ser usadas para calcular la resistencia promedio. El tamaño y el número de las probetas que representan un ensayo de resistencia deben mantenerse constantes para cada clase de concreto.

El ensayo de tres cilindros de 100 por 200 mm mantiene el nivel de confianza de la resistencia promedio ya que los cilindros de 100 por 200 mm tienden a tener variabilidades propias del ensayo aproximadamente un 20 por ciento mayores que las correspondientes para ensayos de cilindros de 150 por 300 mm.

R5.6.3 — Probetas curadas en forma estándar

R5.6.3.2 — El tamaño de los cilindros debe ser acordado entre el propietario, el profesional facultado para diseñar, y la entidad que realice los ensayos antes de iniciar la construcción.

R5.6.3.3 — Se da un conjunto único de criterios para la aceptación de la resistencia, el cual es aplicable a todo concreto usado en estructuras diseñadas de acuerdo con el Reglamento, sin tomar en cuenta el método de diseño utilizado. Se considera que la resistencia del concreto es

Reglamento ACI 318S y Comentarios

REGLAMENTO

(a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos (véase 5.6.2.4) es igual o superior a f'_c .

(b) Ningún resultado del ensayo de resistencia (véase 5.6.2.4) es menor que f'_c por más de 3.5 MPa cuando f'_c es 35 MPa o menor; o por más de $0.10f'_c$ cuando f'_c es mayor a 35 MPa.

5.6.3.4 — Cuando no se cumpla con cualquiera de los dos requisitos de 5.6.3.3, deben tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia. Cuando no se satisfagan los requisitos de 5.6.3.3(b) debe cumplirse lo requerido por 5.6.5.

COMENTARIO

satisfactoria si el promedio de cualquier conjunto de tres ensayos consecutivos permanece por encima de la resistencia f'_c especificada, y ningún ensayo individual de resistencia resulta menor que f'_c en más de 3,5 MPa si f'_c es de 35 MPa o menor, o que sea menor que f'_c en más del 10 por ciento si el f'_c es superior a 35 MPa. La evaluación y aceptación del concreto se puede realizar inmediatamente a medida que los resultados de los ensayos se reciben durante el transcurso de la obra. En ocasiones se pueden dar ensayos de resistencia que no cumplan con estos criterios (probablemente cerca de uno en 100 ensayos), aun cuando el nivel de resistencia y la uniformidad del concreto sean satisfactorios. Debe haber tolerancia para tales desviaciones estadísticas previsibles al decidir si el nivel de resistencia que se produce es adecuado o no.

R5.6.3.4 — Cuando el concreto no cumple con cualquiera de los requisitos de resistencia de 5.6.3.3, deben tomarse medidas para incrementar el promedio de los resultados de los ensayos del concreto. Si se ha suministrado el suficiente concreto para acumular por lo menos 15 ensayos, éstos deben utilizarse a fin de establecer una nueva meta de resistencia promedio tal como se describe en 5.3.

Cuando se han hecho menos de 15 ensayos para la clase de concreto en cuestión, el nuevo nivel por alcanzar debe ser al menos igual al nivel promedio empleado en la dosificación inicial. Cuando el promedio con los ensayos disponibles en el proyecto iguala o es mayor que el nivel empleado en la dosificación inicial, se requiere un incremento adicional en el nivel promedio.

Las medidas que se tomen con el fin de incrementar el nivel promedio de los resultados dependen de las circunstancias particulares, pero pueden incluir una o más de las siguientes alternativas:

- (a) Incremento en el contenido de material cementante;
- (b) Variación en las dosificaciones;
- (c) Mejor control o reducción del asentamiento;
- (d) Reducción del tiempo de entrega;
- (e) Control más estricto del contenido de aire;
- (f) Mejoramiento de la calidad de los ensayos, lo que incluye un estricto cumplimiento de los procedimientos estándar de ensayo.

Tales variaciones en los procedimientos de operación y ensayo, o las variaciones en el contenido de material cementante o en el asentamiento, no requieren de una nueva autorización formal según los procedimientos de 5.3. No obstante, variaciones importantes en las fuentes de cemento, los agregados o los aditivos deben estar acompañados por evidencia de que se mejorará el nivel promedio de resistencia.

Reglamento ACI 318S y Comentarios