

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO DE MORTERO CON ADICIÓN DE MICROSILICE Y MICROFIBRA
DE POLIPROPILENO PARA DIFERENTES USOS EN EL CAMPO DE
INGENIERÍA CIVIL”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:
Bach. JAVIER AQUINO RAFAÉL

ASESOR:
M.Cs. Ing. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS

CAJAMARCA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mi madre Alejandrina Rafael Ramírez, por sus consejos, su cariño y apoyo en mi formación profesional, por ser quien jamás dejo de creer en mí y con tú apoyo incondicional ayudaste a seguir adelante.

A Rosa y Rubén gracias por incentivar me a lograr mis metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida e iluminarme el camino cada día, para lograr mis sueños.

A mi asesor M.Cs. Ing. Mauro A. Centurión Vargas, por su apoyo y orientación en el desarrollo presente investigación.

A la universidad nacional de Cajamarca en especial los docentes de EAP de ingeniería civil quienes contribuyeron en mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4. HIPÓTESIS GENERAL	2
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.6. OBJETIVOS	3
1.6.1. Objetivo general	3
1.6.2. Objetivos específicos	3
MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	4
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	5
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	6
2.2. BASES TEÓRICAS	7
2.2.1. MORTERO	7
2.2.2. COMPONENTES	9
2.2.3. MICROSILICE	13
2.2.4. FIBRAS	13
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	17
MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	20
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.2.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	20
3.2.2. VARIABLES	21
3.2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO	21
3.2.4. MUESTRA	21
3.3. CANTERA DE ESTUDIO	23
3.3.1. UBICACIÓN	24
3.4. MATERIALES	24

3.5. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.	26
3.5.1. EQUIPOS.....	26
3.5.2. NORMAS.....	26
3.6. DISEÑO DE MORTERO.	27
3.7. ENSAYOS DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO.	27
3.7.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO.....	27
3.7.2. RESISTENCIA A LA FLEXION DEL MORTERO.....	30
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	32
4.2. ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO.	32
4.3. ELECCIÓN DEL PORCENTAJE OPTIMO DE MICROSILICE Y MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.	33
4.4. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO.	34
4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.	37
4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
5.1. CONCLUSIONES.	51
5.2. RECOMENDACIONES.	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	55
7.1. TABLA PARA ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS-MECANICAS DEL AGREGADO FINO.	55
7.2. PROPIEDADES FISICAS-MECANICAS DEL AGREGADO FINO.	55
7.3. FICHAS TÉCNICAS PARA LA INVESTIGACIÓN y CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO.	62
7.4. DISEÑO DEL MORTERO	68
7.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	68
7.4.2. MORTERO PATRÓN PROPORCIÓN 1:4.....	68
7.4.3. MORTERO PROPORCIÓN 1:4 CON 5 % MICROSILICE.....	69
7.4.4. MORTERO PROPORCIÓN 1:4 CON 100 g/m ³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.....	71
7.4.5. MORTERO PROPORCIÓN 1:4 CON 5 % MICROSILICE Y 100 g/m ³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.....	72
7.4.6. MORTERO PATRÓN PROPORCIÓN 1:5.....	73
7.4.7. MORTERO PROPORCIÓN 1:5 CON 5 % MICROSILICE.....	74

7.4.8.	MORTERO PROPORCIÓN 1:5 CON 100 g/m ³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.....	75
7.4.9.	MORTERO PROPORCIÓN 1:5 CON 5 % MICROSILICE Y 100 g/m ³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.	76
7.4.10.	MORTERO PATRÓN PROPORCIÓN 1:6.....	77
7.4.11.	MORTERO PROPORCIÓN 1:6 CON 5 % MICROSILICE.	78
7.4.12.	MORTERO PROPORCIÓN 1:6 CON 100 g/m ³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.	79
7.4.13.	MORTERO PROPORCIÓN 1:6 CON 5 % MICROSILICE Y 100 g/m ³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.	81
7.5.	PESO UNITARIO DEL MORTERO ENDURECIDO.....	82
7.6.	RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN.....	86
7.7.	RESULTADOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN.....	104
7.8.	GRÁFICOS DE ESFUERZO COMPRESIÓN vs. DEFORMACIÓN DE LAS PROBETAS DE MORTERO	122
7.9.	PANEL FOTOGRÁFICO.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Usos de los morteros de cemento.	7
Tabla 2: Distribución total de probetas a compresión que se elaboraron para el contenido óptimo.	21
Tabla 3: Distribución de probetas a compresión que se elaboraron para el contenido óptimo.	22
Tabla 4: Distribución de probetas a compresión para los diseños definitivos.	22
Tabla 5: Distribución de probetas a compresión para los diseños definitivos.	22
Tabla 6: Distribución total de probetas a compresión para los diseños definitivos.	23
Tabla 7: Propiedades del agregado fino de río.	32
Tabla 8: Relación agua/cemento.	32
Tabla 9: Cantidades de materiales para la proporción de mortero 1:4.	33
Tabla 10: Cantidades de materiales para la proporción de mortero 1:5.	33
Tabla 11: Cantidades de materiales para la proporción de mortero 1:6.	34
Tabla 12: Peso unitario del mortero seco proporción 1:4.	34
Tabla 13: Peso unitario del mortero seco proporción 1:5.	35
Tabla 14: Peso unitario del mortero seco proporción 1:6.	36
Tabla 15: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.	38
Tabla 16: Variación de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.	39
Tabla 17: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.	40
Tabla 18: Variación de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.	41
Tabla 19: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.	42
Tabla 20: Variación de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.	44
Tabla 21: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.	44
Tabla 22: Variación de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.	46
Tabla 23: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.	47
Tabla 24: Variación de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.	48
Tabla 25: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.	49
Tabla 26: : Variación de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.	50
Tabla 27: Porcentaje que pasa del agregado fino.	55
Tabla 28: Ensayo N° 1 (granulometría del agregado fino).	55
Tabla 29: Ensayo N° 2 (granulometría del agregado fino).	56
Tabla 30: Ensayo N° 3 (granulometría del agregado fino).	57
Tabla 31: Peso específico de masa.	58
Tabla 32: Peso específico de masa saturada con superficie seca.	59
Tabla 33: Peso específico aparente.	59
Tabla 34: Absorción.	59
Tabla 35: Peso unitario compactado.	60
Tabla 36: Peso unitario suelto seco.	60
Tabla 37: Contenido de humedad.	61
Tabla 38: Peso unitario del mortero patrón proporción 1:4.	82
Tabla 39: Peso unitario del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4.	82
Tabla 40: Peso unitario del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4.	83
Tabla 41: Peso unitario del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4.	83
Tabla 42: Peso unitario del mortero patrón proporción 1:5.	83
Tabla 43: Peso unitario del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5.	84

Tabla 44: Peso unitario del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5.	84
Tabla 45: Peso unitario del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5.	84
Tabla 46: Peso unitario del mortero patrón proporción 1:6.	85
Tabla 47: Peso unitario del mortero con 5% microsilice proporción 1:6.	85
Tabla 48: Peso unitario del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:6.	85
Tabla 49: Peso unitario del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:6.	86
Tabla 50: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:4 a los 7 días.	86
Tabla 51: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:4 a los 14 días.	86
Tabla 52: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:4 a los 28 días.	87
Tabla 53: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice proporción 1:4 a los 7 días.	87
Tabla 54: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice proporción 1:4 a los 14 días.	88
Tabla 55: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice proporción 1:4 a los 28 días.	88
Tabla 56: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.	89
Tabla 57: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 14 días.	89
Tabla 58: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 28 días.	90
Tabla 59: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.	90
Tabla 60: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 14 días.	91
Tabla 61: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 28 días.	91
Tabla 62: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:5 a los 7 días.	92
Tabla 63: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:5 a los 14 días.	92
Tabla 64: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:5 a los 28 días.	93
Tabla 65: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice proporción 1:5 a los 7 días.	93
Tabla 66: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice proporción 1:5 a los 14 días.	94
Tabla 67: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice proporción 1:5 a los 28 días.	94
Tabla 68: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.	95
Tabla 69: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.	95
Tabla 70: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.	96
Tabla 71: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.	96
Tabla 72: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.	97
Tabla 73: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.	97
Tabla 74: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:6 a los 7 días.	98
Tabla 75: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:6 a los 14 días.	98
Tabla 76: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:6 a los 28 días.	99

Tabla 77: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 7 días. ...	99
Tabla 78: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 14 días.	100
Tabla 79: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 28 días.	100
Tabla 80: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.	101
Tabla 81: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.	101
Tabla 82: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.	102
Tabla 83: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.	102
Tabla 84: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.	103
Tabla 85: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.	103
Tabla 86: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:4 a los 7 días.	104
Tabla 87: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:4 a los 14 días.	104
Tabla 88: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:4 a los 28 días.	105
Tabla 89: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 7 días.	105
Tabla 90: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 14 días.	106
Tabla 91: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 28 días.	106
Tabla 92: Ensayo a flexión el mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.	107
Tabla 93: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 14 días.	107
Tabla 94: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 28 días.	108
Tabla 95: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.	108
Tabla 96: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 14 días.	109
Tabla 97: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 28 días.	109
Tabla 98: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:5 a los 7 días.	110
Tabla 99: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:5 a los 14 días.	110
Tabla 100: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:5 a los 28 días.	111
Tabla 101: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 7 días.	111
Tabla 102: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 14 días.	112
Tabla 103: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 28 días.	112
Tabla 104: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.	113
Tabla 105: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.	113
Tabla 106: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.	114
Tabla 107: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.	114
Tabla 108: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m ³ microfibrá de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.	115

Tabla 109: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibra de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.	115
Tabla 110: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:6 a los 7 días.	116
Tabla 111: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:6 a los 14 días.	116
Tabla 112: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:6 a los 28 días.	117
Tabla 113: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice proporción 1:6 a los 7 días.	117
Tabla 114: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice proporción 1:6 a los 14 días.	118
Tabla 115: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice proporción 1:6 a los 28 días.	118
Tabla 116: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.	119
Tabla 117: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.	119
Tabla 118: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m ³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.	120
Tabla 119: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.	120
Tabla 120: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.	121
Tabla 121: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.	121

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Tipos de fibras de polipropileno	15
Imagen 2: Ubicación del laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz”.	20
Imagen 3: Cantera “Roca Fuerte”	23
Imagen 4: Ubicación de la cantera “Roca Fuerte”	24
Imagen 5: Cemento Tipo I “Cemento Pacasmayo”	24
Imagen 6: Agregado fino “Roca Fuerte”	25
Imagen 7: Microsilice “Chema Fume”.	25
Imagen 8: Microfibra de polipropileno “Chema fibra ultrafina ”	26
Imagen 9: Elaboración de probetas cubicas.....	27
Imagen 10: Ensayo a compresión.	29
Imagen 11: ensayo a flexión.....	30
Imagen 12: Elaboración de probetas a flexión.....	31
Imagen 13: Cantera “Roca fuerte” del rio Chonta.	134
Imagen 14: cantidades de agregado fino.	134
Imagen 15: tamizando el agregado fino.....	135
Imagen 16: Material retenido en cada tamiz.	135
Imagen 17: determinado si el agregado fino está saturado superficialmente seco	136
Imagen 18: Peso específico del agregado fino.....	136
Imagen 19: Peso unitario seco compactado del agregado fino.	137
Imagen 20: Moldes para elaborar las probetas a compresión y flexión.	137
Imagen 21: Materiales para la elaboración de las probetas de mortero.....	138
Imagen 22: Peso de los materiales.....	138
Imagen 23: Mezcla del mortero.....	139
Imagen 24: Curado de probetas.....	139
Imagen 25: Midiendo los lados de las probetas a cubicas	140
Imagen 26: Midiendo las probetas prismáticas.....	140
Imagen 27: Peso de las probetas cubicas	141
Imagen 28: Ensayo a compresión del mortero (5x5x5 cm)	141
Imagen 29: Lectura de la deformación	142
Imagen 30: Falla de la probeta ensaya a compresión.....	142
Imagen 31: Ensayo a flexión del mortero (4x4x16 cm).....	143
Imagen 32: probetas a flexión.	143
Imagen 33: Rotura de la probeta a flexión.....	144
Imagen 34: Falla de la probeta a compresión.	144

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Peso unitario del mortero seco proporción 1:4.	35
Gráfica 2: Peso unitario del mortero seco proporción 1:5.	36
Gráfica 3: Peso unitario del mortero seco proporción 1:6.	37
Gráfica 4: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.	38
Gráfica 5: Evolución de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.	39
Gráfica 6: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.	40
Gráfica 7: Evolución de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.	41
Gráfica 8: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.	42
Gráfica 9: Evolución de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.	43
Gráfica 10: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.	45
Gráfica 11: Evolución de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.	46
Gráfica 12: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.	47
Gráfica 13: Evolución de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.	48
Gráfica 14: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.	49
Gráfica 15: Evolución de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.	50
Gráfica 16: Ensayo N° 1 (Curva de la granulometría del agregado fino).	56
Gráfica 17: Ensayo N° 2 (Curva de la granulometría del agregado fino).	57
Gráfica 18: Ensayo N° 3 (Curva de la granulometría del agregado fino).	58
Gráfica 19: Grafica deformación del mortero patrón proporción 1:4 a los 28 días.	122
Gráfica 20: Grafica deformación del mortero proporción 1:4 con 5% microsilice a los 28 días.	123
Gráfica 21: Grafica deformación del mortero proporción 1:4 con 100 g/m ³ microfibra de polipropileno a los 28 días.	124
Gráfica 22: Grafica deformación del mortero proporción 1:4 con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibra de polipropileno a los 28 días.	125
Gráfica 23: Grafica deformación del mortero patrón proporción 1:5 a los 28 días.	126
Gráfica 24: Grafica deformación del mortero proporción 1:5 con 5% microsilice a los 28 días.	127
Gráfica 25: Grafica deformación del mortero proporción 1:5 con 100 g/m ³ microfibra de polipropileno a los 28 días.	128
Gráfica 26: Grafica deformación del mortero proporción 1:5 con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibra de polipropileno a los 28 días.	129
Gráfica 27: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 patrón a los 28 días.	130
Gráfica 28: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 con 5% microsilice a los 28 días.	131
Gráfica 29: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 con 100 g/m ³ microfibra de polipropileno a los 28 días.	132
Gráfica 30: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 con 5% microsilice y 100 g/m ³ microfibra de polipropileno a los 28 días.	133

RESUMEN

En esta investigación el objetivo es determinar la influencia de la adición de microsilice y microfibras de polipropileno en la resistencia a la compresión y flexión en los morteros, para lo cual se diseñó mortero con adición de microsilice y microfibras de polipropileno para diferentes usos en el campo de ingeniería civil, se elaboraron probetas cúbicas (5x5x5 cm) y prismáticas (4x4x16 cm) para determinar el comportamiento mecánico a la edad de 7, 14 y 28 días, se eligió las proporciones de mortero 1:4, 1:5 y 1:6 las cuales se utilizan en diferentes tipos de obras. Para la elaboración de probetas se utilizó agregado fino de la cantera “Roca Fuerte” del río Chonta ubicada en el distrito de Baños del Inca, cemento Pacasmayo tipo I, microsilice “Chema Fume”, microfibras de polipropileno “Chema Fibra Ultrafina” y agua de la misma ciudad universitaria. Se elaboraron probetas de mortero, de las cuales 162 fueron para determinar el contenido óptimo de la microsilice y microfibras de polipropileno las mismas que se ensayaron a compresión a los 7 días, y 432 probetas se elaboraron para determinar la resistencia a compresión y flexión a los 7, 14 y 28 para lo cual fueron probetas cúbicas y prismáticas respectivamente. Se concluyó que el aumento de la resistencia a compresión y flexión a los 28 días obtenidos del mortero proporción 1:4 es de 7.02% y 5.45% cuando contiene 5% de microsilice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno, mortero proporción 1:5 es de 7.08% y 2.90% cuando contiene 5% de microsilice y mortero proporción 1:6 es de 8.51% cuando contiene 5% de microsilice y 5.38% a flexión cuando contiene 5% microsilice y 100 g/m³ de microfibras de polipropileno con respecto al mortero patrón.

Palabras claves: Mortero, resistencia a compresión, resistencia a flexión, microsilice, microfibras de polipropileno.

SUMMARY

In this investigation the objective is to determine the influence of the addition of polypropylene microsilice and microfiber on the resistance to compression and bending in mortars, for which mortar was designed with addition of microsilice and polypropylene microfiber for different uses in the field. In civil engineering, cubic (5x5x5 cm) and prismatic (4x4x16 cm) specimens were prepared to determine the mechanical behavior at the age of 7, 14 and 28 days, the mortar ratios 1: 4, 1: 5 and 1: 6 were chosen which are used in different types of works. For the preparation of specimens, fine aggregate from the "Roca Fuerte" quarry of the Chonta river located in the district of Baños del Inca, Pacasmayo cement type I, microsilice "Chema Fume", polypropylene microfibre "Chema Fibra Ultrafina" and water from The same university city. Mortar specimens were made, of which 162 were to determine the optimal content of the polypropylene microsilice and microfiber which were tested for compression at 7 days, and 432 specimens were developed to determine the compressive and flexural strength at 7, 14 and 28 for which they were cubic and prismatic specimens respectfully. It was concluded that the increase in compressive and flexural strength at 28 days obtained from the mortar 1: 4 ratio is 7.02% and 5.45% when it contains 5% microsilice and 100 g / m³ polypropylene microfiber, mortar ratio 1: 5 it is 7.08% and 2.90% when it contains 5% microsilice and mortar 1: 6 ratio is 8.51% when it contains 5% microsilice and 5.38% flex when it contains 5% microsilice and 100 g / m³ of polypropylene microfiber with respect to the standard mortar.

Keywords: Mortar, compression resistance, flexural strength, microsilica, polypropylene microfiber.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los morteros están constituidos en un alto porcentaje por agregados (50-80% en volumen), por lo tanto, éstos no son menos importantes que la pasta del cemento endurecida, el agua libre, el aire incorporado, el aire naturalmente atrapado, o los aditivos; por el contrario, gran parte de las características de las mezclas de mortero, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener morteros de buena calidad y económicos. (Rivera, s.f)

Los morteros de cemento Portland se elaboran con arena, agua y cemento Portland. Los morteros se han empleado tradicionalmente para pegar tabiques y en todo tipo de aplanados en muros y techos, sin embargo, existen muchas otras aplicaciones en la ingeniería civil que tienen que ver con la necesidad de colocar un material de textura lo suficientemente fina para poder penetrar en pequeños resquicios ya sea para sellar, resanar o nivelar con mucha mayor facilidad de lo que es posible de hacer con los concretos. Debido a que los morteros no llevan grava son más fáciles de manejar y se consume menos energía en su mezclado y colocación, ya sea manual o por medios mecánicos. (Gómez, s.f)

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El mortero tiene una amplia gama de aplicaciones, puede ser empleado para nivelar pisos, proteger taludes, recubrir elementos estructurales, pero el mayor consumo está en la construcción de mampostería, razón por la cual la tecnología del mortero se ha enfocado principalmente en esta rama. Vale la pena señalar que un mortero de mampostería se pueda utilizar satisfactoriamente para otros propósitos, como las aplicaciones señaladas y que los ensayos para hacer el control que son aplicadas a cualquier clase de mortero. (Sánchez de Guzmán, 1997)

El mortero es un material de construcción constituido básicamente por una mezcla de cemento, árido fino y eventualmente otro material conglomerante que, con adición de agua, reacciona y adquiere resistencia. También puede estar compuesto por aditivos que mejoren sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido. (De la Sotta, 2010)

Nuevos procesos constructivos están innovando las técnicas tradicionales de la elaboración de los morteros, a los cuales se está añadiendo diferentes tipos de fibras con

la finalidad de formar un material de construcción compuesto con mejores características a las que presentan de forma individual cada material, el mortero reforzado está constituido por una matriz de un mortero tradicional y fibras de origen natural o artificial, colocadas de forma dispersa y con una orientación al azar. (Castro, 2016)

A pesar del uso del mortero desde tiempos muy remotos (de “pega” para bloques sólidos) no ha evolucionado mucho, sus propiedades no han sido estudiadas tan sistemáticamente como las del hormigón, en sus múltiples aplicaciones no alcanza grandes resistencias mecánicas. Por eso nace la intención de desarrollar morteros de alta resistencia mecánica a la compresión, gracias a la adición de microsilice, que puede ser utilizado en requerimientos que exijan calidad y un alto desempeño (Pérez, 2008)

El mortero con adición de microsilice y microfibras de polipropileno puede ser utilizado en todo tipo de obras civiles en la ciudad de Cajamarca por lo que es necesario conocer la dosificación de los materiales y su evaluación en su comportamiento mecánico.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia en la resistencia a compresión de la adición de microsilice y microfibras de polipropileno en el mortero?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La importancia de determinar la correcta elaboración de diseño se realizó un análisis comparativo entre el mortero con adición de microsilice y microfibras de polipropileno y el mortero tradicional.

Esta investigación se realizó para determinar la influencia de la microsilice y microfibras de polipropileno en la resistencia a la compresión y flexión de los morteros.

La investigación de la elaboración de diseño de mortero con adición de microsilice y microfibras de polipropileno se trató de obtener un mortero trabajable y resistente para su aplicación en las obras civiles. También sirve para analizar la resistencia a compresión y flexión y la adecuada dosificación de los materiales del mortero.

1.4. HIPÓTESIS GENERAL

La influencia de la adición de microsilice y microfibras de polipropileno, aumenta la resistencia a compresión y flexión en los morteros.

1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- Se utilizó agregado fino de río (cantera Roca Fuerte), por lo que los resultados que se obtuvieron de las propiedades son únicamente para esta cantera.
- Los resultados que se obtuvieron están limitados a los materiales utilizados los cuales son: cemento portland tipo I, microsilice (CHEMA FUME) y microfibra de polipropileno (CHEMA FIBRA ULTRAFINA).
- Se determinaron las propiedades físico - mecánicas del agregado fino, la elaboración y ensayos a compresión y flexión de las probetas de mortero, se realizaron en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Diaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la adición de microsilice y microfibra de polipropileno en la resistencia a la compresión y flexión en los morteros.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físico-mecánicas del agregado.
- Determinar la proporción de microsilice y microfibra de polipropileno en el diseño del mortero.
- Determinar la resistencia a la compresión y flexión de las probetas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pérez Bahamonde, M. (2008), "Caracterización de morteros con adición de combinaciones de microsilice y nanosilice" Tesis. Valdivia-Chile. Universidad Austral de Chile.

Esta investigación se concluye que en el caso de la incorporación única de microsilice se observa que se alcanzan las dosis óptimas en un porcentaje de adición de alrededor del 5% para todas las razones agua/cemento, con variaciones de la resistencia alrededor de un 13%. Usando solo nanosilice se registran dosis óptimas alrededor de un 0,5% para todas las razones agua/cemento, produciéndose aumento de la resistencia a la compresión de un 20%.

En el caso de las combinaciones para las diferentes incorporaciones de microsilice (como aditivo base constante) se obtienen dosis óptima de adición de nanosilice alrededor de un 1,0% para todas las razones agua/cemento, con variaciones que van desde el 19 al 27%.

Muñoz Cebrián, F. (2010/2011), "Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de polipropileno multifilamento: influencia del porcentaje de fibra adicionado" Tesis. Valencia-España. Universidad Politécnica de Valencia.

En esta investigación se determinó que para la primera tanda con CEM II/B-V 42,5 R, se ha podido observar que la resistencia a compresión aumenta a medida que le añadimos fibra de polipropileno, pero a partir de la cantidad del 5% de fibras en peso de cemento, con la que aumenta la resistencia un 10.92 %, el aumento no es relevante.

Para la segunda tanda de amasadas con CEM I/52.5 R la resistencia a la compresión experimenta una caída de resistencia cuando le añadimos fibra de polipropileno y va aumentando a medida que la mezcla de hormigón contiene mayor porcentaje de fibra de polipropileno.

Castro Aguirre, J. (2016), "Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento" Tesis. Ambato-Ecuador. Universidad Técnica de Ambato.

En esta investigación se analizó que la dosificación N°.1 con 0,5% de fibra de polipropileno presentó mejores características en los ensayos de resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería y resistencia de adherencia.

La incorporación de la fibra de acero al mortero de la dosificación N°.1 y N°.2 en un porcentaje de 0,5% y 1,0% causó un incremento en la resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería, pero disminuyó la resistencia de adherencia, en comparación con las resistencias de los morteros tradicionales y los morteros con fibra de vidrio y polipropileno.

La incorporación de la fibra de vidrio al mortero de la dosificación N°.1 y N°.2 en un porcentaje de 0,5% y 1,0% ocasionó disminución en la resistencia a la compresión real del mortero, resistencia a la compresión de prismas de mampostería y resistencia de adherencia, en comparación con las resistencias de los morteros tradicionales y los morteros con fibra de acero y polipropileno.

Enfedaque Díaz, A. (2008), “Resistencia a impacto de morteros de cemento reforzados con fibra de vidrio (GRC)” Tesis doctoral. Madrid-España. Universidad Politécnica de Madrid.

En esta investigación se ha realizado un amplio programa experimental de ensayos de impacto de alta velocidad donde se ha observado que la resistencia al impacto del GRC es similar a la que tiene el mortero de cemento. Es necesario emplear fibras de vidrio para mantener la integridad de los elementos que sufren el impacto. La energía absorbida por el GRC no depende de la velocidad de impacto, ni de las adiciones usadas en su fabricación.

La energía absorbida por unidad de espesor es de 2 J/mm. El comportamiento de los paneles sándwich es igual al de dos paneles simples dispuestos en serie.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Meza Hajar, F. (2004), “Estudio de mortero de mediana a baja resistencia de cemento, con adición de cal aérea”; Tesis. Lima-Perú. UNI.

En esta investigación se dice que los morteros de Cal Aérea no producen sales nocivas, su lento fraguado y elasticidad, evitan que se presente fisuras o cuarteos, utilizando este tipo de morteros ya no necesitan aditivos plastificantes.

A la edad de 28 días y habiéndose adicionado 25 % de cal en la mezcla se obtuvieron los mejores comportamientos mecánicos de este material tales como: resistencia a compresión, tracción y flexión.

En los morteros con 50%, 60%, 75% y 80% de cal en reemplazo del cemento, para edades mayores a 28 días las propiedades mecánicas presentan una tendencia al ascenso hasta alcanzar su máximo valor; según avance el proceso de carbonatación.

Las combinaciones más óptimas para revestimientos de superficies sumergidas o en contacto temporal con el agua, se obtuvieron con 25% y 60% de adición de cal en la mezcla.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Sánchez Paniagua, A. (2013), “Comparación de adherencia entre 2 tipos de ladrillo – 2 tipos de mortero”; Tesis. Cajamarca-Perú. UNC.

Esta investigación se obtuvo que el mortero con Cal de proporción 1:1/2:4, tuvo una resistencia a compresión de 158.73 Kg/cm² y el mortero sin Cal de proporción 1:4, tuvo una resistencia a compresión de 141.16 Kg/cm² y la diferencia entre el mortero con cal con respecto al mortero sin cal es de 12.45 % mayor.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MORTERO

2.2.1.1. DEFINICIÓN

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerante y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (E.070, 2017)

2.2.1.2. TIPOS Y USOS DE LOS MORTEROS

Atendiendo a su endurecimiento se pueden distinguir dos tipos de morteros: Los aéreos que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas. (Gutiérrez de López, 2003)

Teniendo en cuenta los materiales que los constituyen, pueden ser:

- **Morteros de cemento:** Se componen de arena y cemento Portland. Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento y arena usados. Es hidráulico y debe prepararse teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación; se acostumbra mezclarlo en obra, revolviendo primero el cemento y la arena y después adicionando el agua. (Gutiérrez de López, 2003)

Tabla 1: Usos de los morteros de cemento.

MORTERO	USOS
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos.
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos
1:5	Pañetes exteriores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: Gutiérrez de López (2003)

Gutiérrez de López (2003) dice que los morteros según su uso se pueden clasificar así:

- Morteros que tienen suficiente resistencia y por lo tanto pueden soportar cargas a compresión, como sucede en la mampostería estructural.
- Morteros que mantienen unidos los elementos en la posición deseada, tal es el caso del mortero de pega.
- Morteros que proveen una superficie lisa y uniforme, estos son los morteros de revestimiento y revoque.
- Morteros que sirven para rellenar, juntas entre diferentes elementos constructivos.

USOS DEL MORTERO

Gutiérrez de López (2003) dice que los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes, repellos o revoques.

- Mortero de pega: debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.
- Morteros de relleno: Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.
- Morteros de recubrimiento: Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

2.2.1.3. PROPIEDADES DEL MORTERO

Las propiedades del mortero plástico determinan la facilidad de construcción de la mampostería y del acabado de los elementos estructurales. De la misma manera que en el caso del concreto, las propiedades del mortero plástico influyen el comportamiento del mortero endurecido. Entre las propiedades plásticas del mortero que ayudan a determinar

su adecuada construcción están la trabajabilidad y retención de agua. Las propiedades en estado endurecido que ayudan a determinar el comportamiento final de la mampostería son la adherencia, durabilidad, elasticidad y resistencia a la compresión. (Sánchez de Guzmán, 1997)

MORTEROS ENDURECIDOS

- **Resistencia**

Si el mortero es utilizado como pega, debe proporcionar una unión resistente. Si el mortero va a ser utilizado para soportar cargas altas y sucesos, tal es el caso de la mampostería estructural, debe poseer una alta resistencia a la compresión.

Para diseñar morteros de alta resistencia se debe tener en cuenta que para un mismo cemento y un mismo tipo de agregado fino, el mortero más resistente y más impermeable será aquel que contenga mayor contenido de cemento para un volumen dado de mortero; y que para un mismo contenido de cemento en un volumen determinado de mortero el más resistente y probablemente el más impermeable será aquel mortero que presente mayor densidad, o sea aquel que en la unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos. (Gutiérrez de López, 2003)

2.2.2. COMPONENTES

E.070 (2017) dice que los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.

2.2.2.1. CEMENTOS

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (Rivva 2000)

2.2.2.1.1. CEMENTO PORTLAND NORMAL

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan el 1% en el peso del total y que la norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los

productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. (Rivva 2000)

El cemento Portland normal Tipo I se empleará en todos aquellos casos en que no se requieran en el concreto las propiedades especiales especificadas para los otros tipos. Debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C150 o NTP 334.039. (Rivva 2000)

2.2.2.2. AGREGADOS

Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP. Se les llama también áridos. (NTP400.011-2008)

En morteros plásticos los agregados bien gradados reducen la segregación, la exudación y mejoran la trabajabilidad: arenas con deficiencias de finos producen morteros resistentes, mientras que las que tienen excesos de finos producen morteros de bajas resistencia e incrementan la retracción. Contenidos altos de cal o aire en el mortero pueden requerir mayores cantidades de arena aun en agregados con una gradación pobres. (Sánchez de Guzmán, 1997)

2.2.2.2.1. AGREGADOS FINO

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz NTP 9,4 mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. (Rivva 2010)

Requisitos.

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto. (Rivva 2010)

A. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS.

- **PESO ESPECÍFICO.**

Pasquel (1998) dice que es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{W_0}{V - V_a} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{500}{V - V_a} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

W_0 = Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)

V = Volumen del frasco (cm³)

V_a = Peso (g) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco.

- **ABSORCIÓN.**

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. (Pasquel 1998)

Las normas ASTM C-127 y 128 ya mencionadas en b) establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso S.S.S} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \dots \dots \dots (4)$$

- **CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas. (Pasquel 1998)

La humedad se expresa de la siguiente manera según ASTM C-566.

$$\% \text{ húmeda} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \dots \dots \dots (5)$$

- **PESO UNITARIO.**

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. (Rivva 2000)

El peso unitario está influenciado por: Su gravedad específica, su granulometría, su perfil y textura superficial, su grado de compactación de masa. (Rivva 2000)

Se utilizó la siguiente formula:

$$P.U = W_a * f \dots \dots \dots (6)$$

$$f = \frac{\delta(\text{agua})}{W_{\text{agua}}} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

W_a = Peso del agregado (kg)

f = Factor

δ = Peso específico del agua (kg/m³)

W_{agua}= peso del agua (kg)

B. GRANULOMETRÍA

Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas. (Rivva 2000)

• **MODULO DE FINEZA**

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; N° 100, dividida entre 100. (Rivva 2000)

Se determina con la siguiente expresión.

$$M.F = \frac{\sum \%ret. acum. (N^{\circ} 100, N^{\circ} 50, N^{\circ} 30, N^{\circ} 16, N^{\circ} 8, N^{\circ} 4)}{100} \dots \dots \dots (8)$$

2.2.2.3. AGUA

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

1. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
2. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
3. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. (Pasquel 1998)

2.2.3. MICROSILICE

2.2.3.1. DEFINICION

El comité 116 del American Concrete Institute define a la microsíllice como a “una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferrosilice”. (Rivva 2002)

2.2.3.2. CARACTERISTICAS

Rivva (2002) dice que la microsíllice es producida como un polvo ultrafino de color gris el cual tiene las siguientes propiedades típicas:

- a) Un contenido de por lo menos 90% de SiO_2 .
- b) Partículas con tamaño promedio de 0.1-0.2 μm .
- c) Superficie específica mayor de 15,000 m^2/kg
- d) Perfil esférico de las partículas.
- e) Mínimo contenido de carbón.

2.2.3.3. TIPOS DE MICROSILICES

Rivva (2000) dice que la microsíllice es 100 veces más finas que el cemento, por lo que algunas consideraciones en los procesos de transporte, almacenamiento y dispersión deben ser tomados en cuenta. La diferencia en los procedimientos de puesta en obra está relacionada al tamaño y perfil de las partículas y no afectan al comportamiento químico del material.

Principales formas de microsíllice disponible son:

- Microsilices no de densificadas
- Microsilices densificadas
- Microsilices peletizadas
- Lechadas de microsilices

2.2.4. FIBRAS

2.2.4.1. DEFINICION

Las fibras son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa del hormigón a fin de conferirle ciertas propiedades específicas. (EHE-08)

De una manera general se pueden clasificar como fibras estructurales, aquellas que proporcionan una mayor energía de rotura al hormigón en masa (en el caso de las fibras estructurales, la contribución de las mismas puede ser considerada en el cálculo de la respuesta de la sección de hormigón), o como fibras no estructurales, a aquellas que sin considerar en el cálculo esta energía suponen una mejora ante determinadas propiedades como por ejemplo el control de la fisuración por retracción, incremento de la resistencia al fuego, abrasión, impacto y otros. (EHE-08)

2.2.4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

Castro (2016) dice que de acuerdo al código A.C.I 544 se establece la siguiente clasificación:

- Fibra Natural: bagazo de caña de azúcar, coco, yute, maguey, bambú.
- Fibra Sintética: acrílica, carbono, nylon, poliéster, polipropileno.
- Fibra de Vidrio
- Fibra de Acero

2.2.4.2.1. FIBRA SINTETICA

Las fibras sintéticas son artificiales; resultan de la investigación y desarrollo en las industrias petroquímica y textil. Existen dos formas físicas diferentes de fibras: la de monofilamentos, y las producidas de cintas de fibrilla. La mayoría de las aplicaciones de las fibras sintéticas están en el nivel de 0.1% por volumen. A ese nivel, se considera que la resistencia del concreto no se ve afectada y se buscan las características de control de las grietas. (IMCYM – 2007)

Los tipos de fibras que han sido ensayados en las matrices de concreto de cemento incluyen: acrílico, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno. (IMCYM – 2007)

Según EHE-08, estas pueden ser adicionadas homogéneamente al hormigón, mortero o pasta. Se rigen por la norma UNE 83500-2 y, según el proceso de fabricación se clasifican en: monofilamentos extruidos (Tipo I), láminas fibriladas (Tipo II).

Sus dimensiones pueden ser variables al igual que su diámetro y su formato:

Micro-fibras: < 0,30 mm diámetro

Macro-fibras: $\geq 0,30$ mm diámetro

- **Polipropileno**

Las fibras de polipropileno son tenaces, pero tienen baja resistencia a tensión y bajo módulo de elasticidad; tienen una característica plástica de esfuerzo-deformación. Se asegura que se han usado exitosamente contenidos de fibras de polipropileno de hasta 12% por volumen, con técnicas de fabricación de empaquetado manual, pero se ha reportado que volúmenes de 0.1% de fibras de 50 mm en el concreto han causado una pérdida de revenimiento de 75 mm. (IMCYM – 2007)

Imagen 1: Tipos de fibras de polipropileno



Fuente: Mármol Salazar (2010); González Salcedo (2013)

Muñoz Cabrian (2010/2011) dice que la fibra de polipropileno es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de polipropileno embebidas en una matriz plástica, este compuesto se produce en gran cantidad. El polipropileno se utiliza como material de refuerzo debido a las siguientes razones:

- Muy buena relación coste/beneficio
- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones.
- Es el material plástico de menor peso específico (0,9 g/cm³), lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado
- Propiedades mecánicas: el polipropileno logra alcanzar buen balance rigidez/impacto.
- Propiedades químicas: presenta excelente resistencia química a solventes comunes
- Buena estabilidad dimensional a altas temperaturas (150°C)

- Barrera al vapor de agua: evita el traspaso de humedad

CASTRO (2016) dice que las fibras de polipropileno al ser añadidas en la matriz (hormigón o mortero), se dispersan de forma igual en todo el volumen de mezcla. A pesar de ser un elemento discontinuo, aporta continuidad al volumen, por lo que al fracturarse no se separan.

Ventajas

- No absorben agua.
- Son estables y livianas dentro de la mezcla.
- Su baja densidad hace que éste tipo de fibras queden embebida en el hormigón o mortero, de forma que no afloran a la superficie.
- Disminuyen las fisuras en el hormigón.
- Aumentan la resistencia al impacto.

Desventajas

- Poseen un bajo módulo de elasticidad.
- Tienen baja capacidad de adherencia a la matriz, debido a que no absorben agua durante la mezcla ni el posterior fraguado.

2.2.4.3. USO DE FIBRAS

IMCYM (2007) dice que para el uso efectivo de fibras en el concreto endurecido se deben tener contempladas las siguientes características:

- Las fibras deben ser significativamente más rígidas que la matriz, es decir, un módulo de elasticidad más alto.
- El contenido de fibras por volumen debe ser adecuado.
- Debe haber una buena adherencia entre la fibra y la matriz.
- La longitud de las fibras debe ser suficiente.
- Las fibras deben tener una alta relación de aspecto; es decir, deben ser largas con relación a su diámetro.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Adiciones:** materiales minerales que se incorporan al cemento generalmente en la molienda conjunta, como ciertas rocas naturales o no (puzolanas, escoria granulada de alto horno, caliza, microsilice) que actúan aumentando las propiedades hidráulicas del cemento o mejorando otras cualidades debido a una adecuada granulométrica (aumento de trabajabilidad y retención de agua, disminución de la porosidad y capilaridad, reducción de fisuración, etc.) (NTP 339.047-2006)
- **Arena:** Agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas. (RNE-2017)
- **Aditivo:** Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades. (RNE-2017)
- **Agregado:** Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. (RNE-2017)
- **Consistencia:** está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. (Abanto Castillo, s.f)
- **Cemento Portland:** cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. (NTP 334.009)
- **Compactación:** proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de mortero o de hormigón (concreto) fresco. (NTP 339.047-2006)
- **Contenido de aire:** volumen total de vacíos de aire, sea incluido o atrapado en la pasta de cemento, mortero u hormigón (concreto). El aire incluido aumenta la durabilidad del mortero u hormigón (concreto) endurecido sometido a congelación-deshielo y aumenta la trabajabilidad de las mezclas frescas. (NTP 339.047-2006)
- **Curado:** Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto). (NTP 339.047-2006)

- **Dosificación:** proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. (NTP 339.047-2006)
- **Durabilidad:** capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento portland de resistir a la acción de la intemperie y otras condiciones de servicio, tales como ataques químicos, congelación-deshielo y abrasión. (NTP 339.047-2006)
- **Ensayo de asentamiento:** Medida de la consistencia del mortero u hormigón (concreto) fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa del pastón, al quedar libre del soporte metálico en que fue moldeado. [NTP 339.047-2006]
- **Fibra:** Filamentos delgados discontinuos, provenientes de un proceso industrial, como acero, vidrio, carbón y polímeros o de carácter natural como asbesto, celulosa y otros. Se incorporan a la pasta, mortero o concreto para reforzar la matriz de cemento, retardando la formación de grietas e incrementando la resistencia a la tracción. (NTP 339.047-2006)
- **Fraguado:** condición alcanzada por una pasta, mortero u hormigón (concreto) de cemento cuando ha perdido plasticidad a un grado convencional, generalmente medido en términos de resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidez; fraguado final se refiere a la adquisición de una rigidez significativa. (NTP 339.047-2006)
- **Granulometría:** la granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena. (Abanto Castillo, s.f)
- **Microsílice:** es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos eléctricos de arco, para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio. Está constituido por partículas esféricas muy finas con un elevado contenido de sílice amorfa. (NTP 339.047-2006)
- **Módulo de finura (MF):** factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. (NTP 339.047-2006)
- **Plasticidad:** aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de molde. (NTP 339.047-2006)

- **Relación agua-cemento (a/c):** relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto. (NTP 339.047-2006)
- **Segregación:** es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. (Abanto Castillo, s.f)
- **Trabajabilidad:** es la facilidad que se presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. (Abanto Castillo, s.f)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La investigación se realizó en el laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Facultad de ingeniería de la Universidad nacional de Cajamarca (UNC), en la Av. Atahualpa N° 1050 de la ciudad de Cajamarca y coordenadas UTM 776620.58 E, 9206991.29 N.

Imagen 2: Ubicación del laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz”.



Fuente: Google earth (2018)

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.2.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

Tipo: Aplicada y/o tecnológica.

Nivel: Explicativa, ya que se ocupa de analizar el comportamiento mecánico del mortero con adición de microsilice y microfibra de polipropileno para diferentes usos en el campo de ingeniería civil, en la resistencia a compresión y flexión del mortero.

Diseño: Experimental

Método: Experimental debido a que se manipulan variables independientes para ver sus efectos sobre las variables dependientes, de igual manera es un experimento puro debido a que existe una manipulación intencional de las variables independientes, se mide el efecto que tiene ésta sobre la variable dependiente y tiene una validez interna ya que se sabe que está ocurriendo realmente con la relación entre las dos variables.

3.2.2. VARIABLES.

Variable independiente

Adición de microsilice y microfibras de polipropileno.

Variable dependiente

Comportamiento a la resistencia mecánica del mortero.

3.2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Probetas de mortero con adición de microsilice y microfibras de polipropileno, que se utilizaron para determinar la resistencia mecánica a las diferentes edades.

3.2.4. MUESTRA

El número de especímenes necesarios para el ensayo a la resistencia a compresión y flexión se distribuyeron de la siguiente manera:

- Pre-diseño: un total de 162 probetas para resistencia a compresión las cuales se ensayaron a los 7 días, para determinar el contenido óptimo de microsilice y microfibras de polipropileno.

Tabla 2: Distribución total de probetas a compresión que se elaboraron para el contenido óptimo.

MUESTRAS DE MORTERO			
PROBETAS	DISEÑO 01	DISEÑO 02	DISEÑO 03
Nº muestras	54	54	54

Distribución de probetas para los 3 pre-diseños.

Tabla 3: Distribución de probetas a compresión que se elaboraron para el contenido óptimo.

OPTIMO CONTENIDO DE MICROSILICE			
PROBETAS	5 % del cemento	7 % del cemento	9 % del cemento
N° muestras	6	6	6
OPTIMO CONTENIDO DE MICROFIBRA DE POLIPROPILENO			
PROBETAS	100 g/m ³	200 g/m ³	300 g/m ³
N° muestras	6	6	6
OPTIMO CONTENIDO DE MICROSILICE Y MICROFIBRA DE POLIPROPILENO			
PROBETAS	5 % del cemento y 100 g/m ³	7 % del cemento y 100 g/m ³	9 % del cemento y 100 g/m ³
N° muestras	6	6	6

- Diseño definitivo: un total de 432 probetas para los 3 diseños con adición de microsilice y microfibra de polipropileno

Tabla 4: Distribución de probetas a compresión para los diseños definitivos.

MUESTRAS DE MORTERO			
PROBETAS	DISEÑO 01	DISEÑO 02	DISEÑO 03
N° muestras	144	144	144

Distribución de las probetas para los 3 diseños definitivos

Tabla 5: Distribución de probetas a compresión para los diseños definitivos.

MUESTRAS DE MORTERO PATRÓN			
Ensayo compresión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6
MUESTRAS DE MORTERO PATRÓN			
Ensayo flexión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6
MUESTRAS DE MORTERO CON MICROSILICE			
Ensayo compresión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6
MUESTRAS DE MORTERO CON MICROSILICE			
Ensayo flexión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6
MUESTRAS DE MORTERO CON MICROFIBRA DE POLIPROPILENO			
Ensayo compresión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6

MUESTRAS DE MORTERO CON MICROFIBRA DE POLIPROPILENO			
Ensayo flexión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6
MUESTRAS DE MORTERO CON MICROSILICE Y MICROFIBRA DE POLIPROPILENO			
Ensayo compresión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6
MUESTRAS DE MORTERO CON MICROSILICE Y MICROFIBRA DE POLIPROPILENO			
Ensayo flexión	7 días	14 días	28 días
N° muestras	6	6	6

El número total de probetas para la investigación:

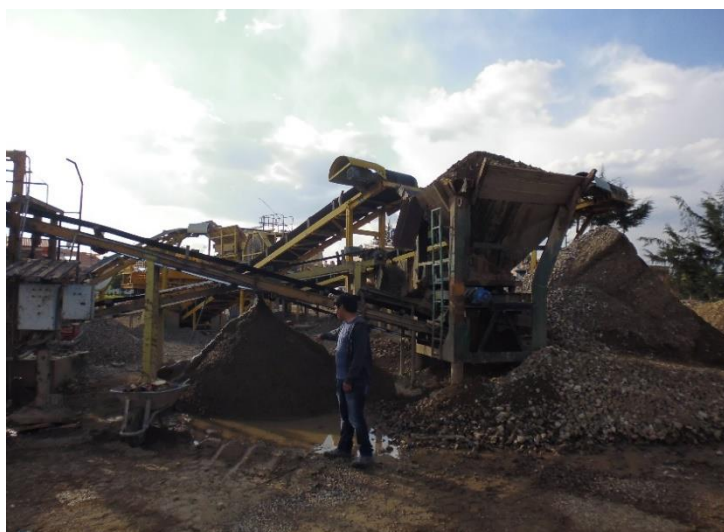
Tabla 6: Distribución total de probetas a compresión para los diseños definitivos.

MUESTRAS DE MORTERO			
PROBETAS	DISEÑO 01	DISEÑO 02	DISEÑO 03
Pre-diseño	54	54	54
Diseño definitivo	144	144	144
total	594		

3.3. CANTERA DE ESTUDIO

Para realizar la presente investigación se utilizó agregado fino de la cantera “Roca Fuerte” debido a que es una de las principales canteras que abastece a la ciudad de Cajamarca.

Imagen 3: Cantera “Roca Fuerte”



3.3.1. UBICACIÓN

Se encuentra en la región y provincia de Cajamarca del distrito de los Baños del Inca. Coordenadas UTM 779629.40 E y 9207570.10 N, y una altitud de 2650 m.s.n.m.

Imagen 4: Ubicación de la cantera “Roca Fuerte”



Fuente: Google earth (2018)

3.4. MATERIALES.

- Cemento portland tipo I (Cemento Pacasmayo S.A), cumple con la norma ASTM C 150 y NTP 334.009.

Imagen 5: Cemento Tipo I “Cemento Pacasmayo”



- Agregado fino (cantera “Roca Fuerte”), cumple con la norma NTP 400.037.

Imagen 6: Agregado fino “Roca Fuerte”.



- Agua Potable, de la ciudad universitaria, cumple con la norma NTP 339.088.
- Microsilice (Chema fume), cumple con la norma ASTM C 1240.

Imagen 7: Microsilice “Chema Fume”.



- Microfibra (Chema fibra ultrafina), fibra de polipropileno para refuerzo tridimensional en morteros y concretos.

Imagen 8: Microfibra de polipropileno “Chema fibra ultrafina ”



3.5. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

Se realizaron los ensayos correspondientes para determinar las propiedades del agregado fino.

3.5.1. EQUIPOS

- Juego de tamices conformados por: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100.
- Bandeja metálica.
- Estufa a temperatura constante de $110 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$.
- Balanza de sensibilidad de 0.1 gr.
- Fiola y beaker con capacidad de 500 cm³ y 400 cm³ respectivamente.
- Varilla de metal
- Termómetro con aproximación de 0.5 °C.

3.5.2. NORMAS.

- Granulometría: del agregado fino según la norma ASTM C136 o NTP 400.037.
- Contenido de humedad: del agregado fino según la norma ASTM C 566 o NTP 339.185.
- Peso unitario suelto y compactado: del agregado fino según la norma ASTM C 29 o NTP 400.017.
- Peso específico y absorción: del agregado fino según la norma ASTM C 128 o NTP 400.022.

3.6. DISEÑO DE MORTERO.

El diseño de mortero se realizó para tres tipos de proporciones de cemento-agregado fino (1:4, 1:5 y 1:6) y una relación agua-cemento (0.74, 0.87 y 1.04) para una adecuada trabajabilidad, utilizando cemento portland tipo I (mortero patrón). También se diseñó morteros de prueba con diferentes porcentajes de microsilice (5%,7% y 9%) del peso del cemento, cantidades de microfibra de polipropileno (100 g/m³, 200 g/m³, 300 g/m³) y también se combinó la microsilice y microfibra de polipropileno (5% - 100 g/m³, 7% - 200 g/m³, 9% - 300 g/m³) respectivamente, con el propósito de determinar la dosificación óptima para el mortero.

Para el diseño se seguirá el siguiente procedimiento:

- Selección de la proporción cemento-agregado fino (c/a).
- Selección de la relación agua-cemento (a/c).
- Peso seco de los materiales
- volumen absoluto de los materiales
- Factor cemento.
- Valores de diseño por m³ de mortero
- Corrección por humedad

3.7. ENSAYOS DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO.

3.7.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO

3.7.1.1.ELABORACIÓN DE MUESTRAS

Se realizó según la norma ASTM C 109, NTP 334.042

Imagen 9: Elaboración de probetas cubicas



Según el MTC se debe realizar de la siguiente manera:

- Se inicia el llenado de los compartimentos, antes de los 150 segundos, contados desde la finalización de la mezcla inicial del mortero. Para el ensayo de compresión debe hacerse un mínimo de 3 cubos. Colocar una capa de más o menos 25 mm (1") de espesor (aproximadamente la mitad del molde), en cada uno de los compartimentos, y se apisonan con 32 golpes que se aplicarán sobre la superficie, en 30 segundos en 4 etapas de 8 golpes adyacentes cada una.

Los golpes de cada etapa se darán siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior; la presión del compactador será tal que asegure el llenado uniforme de los compartimentos. Se deben completar las cuatro (4) etapas de compactación, en cada compartimiento, antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la etapa de la primera capa en todos los compartimentos, se llenan con una segunda capa y se procede como en la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, introducir en el compartimiento el mortero que se ha depositado en los bordes del molde, con la ayuda de los dedos enguantados. Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos deben quedar un poco más altas que el borde superior de los moldes.

La superficie de los cubos debe ser alisada con la parte plana de la espátula, retirando el mortero sobrante con un movimiento de vaivén.

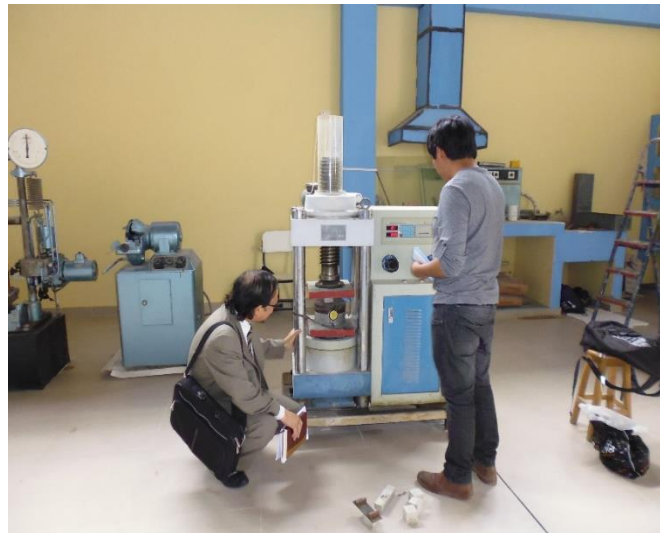
3.7.1.2.PROCEDIMIENTO

Según el MTC, se debe realizar de la siguiente manera:

- Los cubos deberán secarse y dejarse limpios de arena suelta, o incrustaciones, en las caras que van a estar en contacto con los bloques de la máquina de ensayo. Se debe comprobar por medio de una regla que las caras están perfectamente planas. Colocar cuidadosamente el espécimen en la máquina centrando debajo del bloque superior, comprobándose antes de ensayar cada cubo, que la rótula gire libremente en cualquier dirección. No se usarán amortiguadores entre el cubo y los bloques de carga.
- Cuando se espera que el cubo resista una carga máxima superior a 13,3 kN (3000 lbf), se aplica a este una carga inicial de la mitad del valor esperado, a velocidad conveniente; si se espera que la carga que va a resistir sea menor de 13,3 kN (3000

Ibf), no se aplicará carga inicial al cubo. La velocidad de aplicación de la carga se calcula en tal forma que la carga restante para romper los cubos con resistencia esperada mayor de 13,3 kN (3000 lbf) o la carga total en los otros, se aplique sin interrupción en un tiempo comprendido entre 20 y 80 segundos, desde el inicio de la carga. No se hará ningún ajuste a la maquina mientras se esté efectuando el ensayo.

Imagen 10: Ensayo a compresión.



3.7.1.3. CÁLCULO

Según el MTC se debe realizar de la siguiente manera:

Se debe anotar la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de rotura y se debe calcular la resistencia a la compresión como sigue:

$$f = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

f = Es la resistencia a la compresión en MPa.

P = Es la carga máxima total en N.

A = Área de la superficie de carga en mm².

Si el área real de la sección transversal de del cubo varia en 1.5% de la nominal, se debe hacer calculo en función del área actual.

Los cubos defectuosos o los que den resistencias que difieran en más del 10% del promedio de todas las muestras hechas de la misma mezcla y ensayadas al mismo tiempo,

no se tendrán en cuenta al determinar la resistencia. En cambio, aquellos cuyos resultados sean aceptables, serán promediados y reportados con aproximación al 0,1 MPa.

3.7.2. RESISTENCIA A LA FLEXION DEL MORTERO

Se debe realizar según la norma NTP 334.120 y ASTM C 348.

Imagen 11: ensayo a flexión.



3.7.2.1. ELABORACIÓN DE MUESTRAS

Según el MTC el procedimiento para la preparación y llenado de los moldes se debe realizar de la siguiente manera:

- Aplicar una capa delgada de aceite mineral ligero o grasa lubricante ligera a los moldes y a las superficies de contacto de los elementos separables revestir con una capa de aceite mineral pesado. Luego, unir los elementos que componen el molde y eliminar los excesos de aceite o grasa en cada uno de los compartimentos, colocar el molde en una placa plana no absorbente y cubierta con una capa delgada de aceite mineral. En la parte exterior de las juntas de los elementos, se aplicará una mezcla de tres (3) partes en peso parafina y cinco (5) de resina, o cera, calentadas entre 110 °C y 120 °C, para impermeabilizar las juntas.
- Preparado el mortero y remezclado por 15 segundos a velocidad lenta, se vierte una capa de aproximadamente 20 mm de espesor, uniformemente distribuida en cada compartimiento,
- acoplado previamente la guía del compactador al molde y se procede a compactar el mortero en cada molde, por 12 veces, aplicadas en tres (3) etapas de 4 golpes cada una, como se muestra en el esquema. Para dar cada golpe del compactador, se coloca

la cara inferior de éste en posición horizontal a unos 25 mm de la superficie de la capa, y se baja verticalmente con una fuerza tal, que haga salir una pequeña cantidad de mortero debajo de la superficie de compactación. Se termina el llenado total de los compartimentos con capas de mortero uniformemente distribuidas, que se compactan en la forma utilizada con la primera capa.

- Retirar la guía de compactación y alisar la superficie de la muestra; enrasar y eliminar el exceso de mortero; reparar las rajaduras en la cara superior y alisar la superficie con 2 o 3 pasadas del palustre.

Imagen 12: Elaboración de probetas a flexión



3.7.2.2.CÁLCULO

Se anota la carga máxima de rotura y se calcula la resistencia en KPa como sigue:

$$S = 0.28 * P \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

S = Resistencia a la flexibilidad, KPa

P = Carga máxima total, N

La resistencia del mortero a la flexión es el promedio de los resultados obtenidos con la misma muestra (bachada) y en el mismo periodo de ensayo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en laboratorio de las propiedades físico-mecánicas del agregado fino.

Tabla 7: Propiedades del agregado fino de río.

Propiedades	A. Fino	Unidad
Peso específico de masa	2.60	g/cm ³
Peso específico saturado superficial seca	2.63	g/cm ³
Peso específico aparente	2.69	g/cm ³
Peso unitario suelto seco	1635.38	Kg/cm ³
Peso unitario compactado seco	1812.86	Kg/cm ³
Humedad natural	3.84	%
Absorción	1.24	%
Módulo de finura	2.91	-

4.2. ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO.

La relación a/c se determinó con ensayos previos en el laboratorio.

Tabla 8: Relación agua/cemento.

Relación a/c de diseño para diferentes proporciones		
1:4	1:5	1:6
0.74	0.87	1.04

En la tabla 8 se muestran los valores que se obtuvieron para las diferentes proporciones, la cual se determinaron con ensayos de laboratorio para verificar la consistencia de las mezclas de mortero hasta obtener con una adecuada trabajabilidad (consistencia plástica).

4.3. ELECCIÓN DEL PORCENTAJE OPTIMO DE MICROSILICE Y MICROFIBRA DE POLIPROPILENO

La elección de la cantidad optima de la microsilice y la microfibra de polipropileno se determinó con pruebas en el laboratorio para diferentes porcentajes de microsilice (5%, 7% y 9%) del peso del cemento, cantidades de microfibra de polipropileno (100 g/m³, 200 g/m³, 300 g/m³) y también se utilizó la combinación de microsilice y microfibra de polipropileno (5% - 100 g/m³, 7% - 200 g/m³, 9% - 300 g/m³). A continuación, se muestra las cantidades óptimas para la proporción de mortero 1:4, 1:5 y 1:6.

Tabla 9: Cantidades de materiales para la proporción de mortero 1:4.

Cantidad de materiales por m ³ (Kg)				
Material	Mortero Patrón	Mortero + Microsilice	Mortero + Microfibra polipropileno	Mortero + Combinación
Cemento	361.40	358.42	361.40	358.42
A. fino	1635.83	1622.37	1635.83	1622.37
Agua	226.41	224.55	226.41	224.55
microsilice	-	17.92	-	17.92
Microfibra	-	-	0.100	0.100

Tabla 10: Cantidades de materiales para la proporción de mortero 1:5.

Cantidad de materiales por m ³ (Kg)				
Material	Mortero Patrón	Mortero + Microsilice	Mortero + Microfibra polipropileno	Mortero + Combinación
Cemento	301.04	298.98	301.04	298.98
A. fino	1703.30	1691.61	1703.30	1691.61
Agua	219.19	217.69	219.19	217.69
microsilice	-	14.95	-	14.95
Microfibra	-	-	0.100	0.100

Tabla 11: Cantidades de materiales para la proporción de mortero 1:6.

Cantidad de materiales por m ³ (Kg)				
Material	Mortero Patrón	Mortero + Microsilice	Mortero + Microfibra polipropileno	Mortero + Combinación
Cemento	255.30	253.81	255.30	253.81
A. fino	1733.39	1723.29	1733.39	1723.29
Agua	222.04	220.75	222.04	220.75
microsilice	-	12.69	-	12.69
Microfibra	-	-	0.100	0.100

En las tablas anterior se muestran las cantidades óptimas de los materiales para cada proporción de mortero (1:4, 1:5 y 1:6) con 5% de microsilice, 100 g/m³ microfibra de polipropileno y la combinación (5 % de microsilice y 100 g/m³ microfibra de polipropileno) respectivamente.

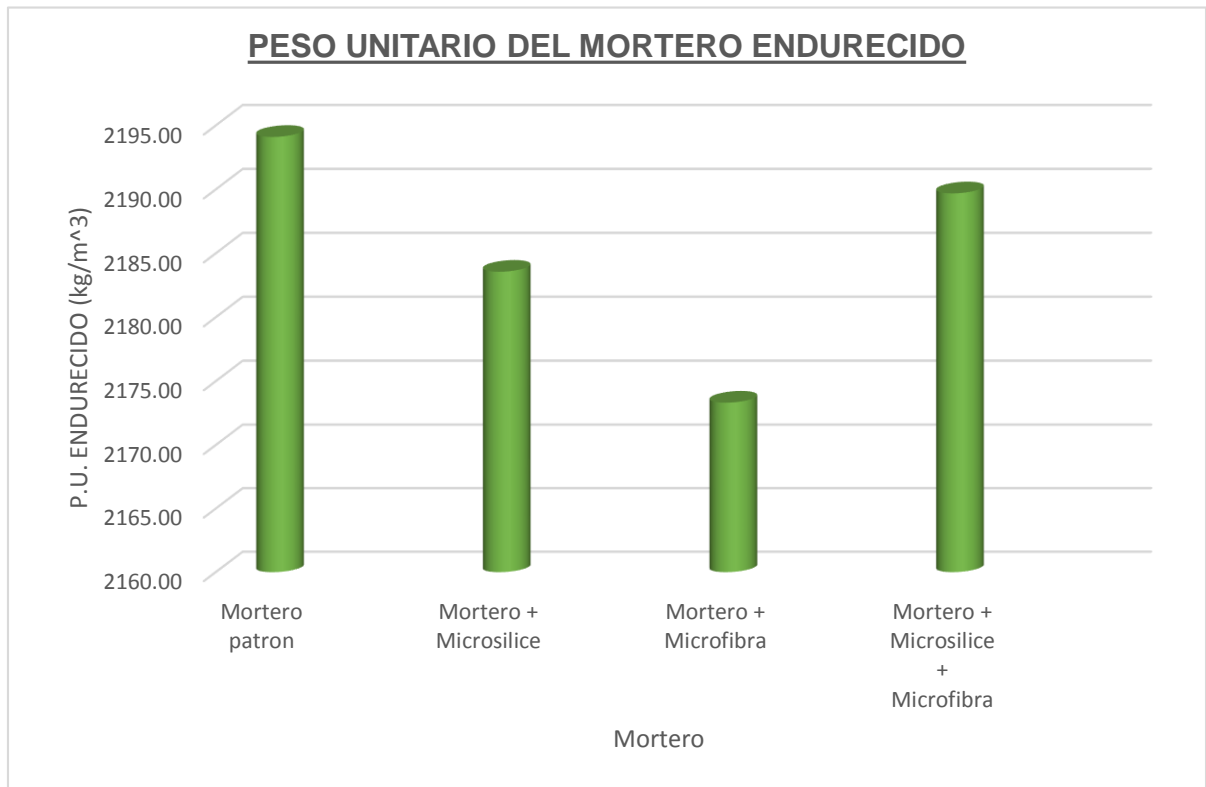
4.4. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO.

Para determinar el peso unitario del mortero seco, se pesó las probetas cubicas de 5 x 5 x 5 cm a los 28 días. A continuación, se muestra los resultados promedios de las 6 probetas y para cada proporción.

Tabla 12: Peso unitario del mortero seco proporción 1:4.

MORTERO	P.U. Mortero (kg/m ³)
Mortero patrón	2194.11
Mortero + Microsilice	2183.56
Mortero + Microfibra	2173.33
Mortero + Microsilice + Microfibra	2189.69

Gráfica 1: Peso unitario del mortero seco proporción 1:4.

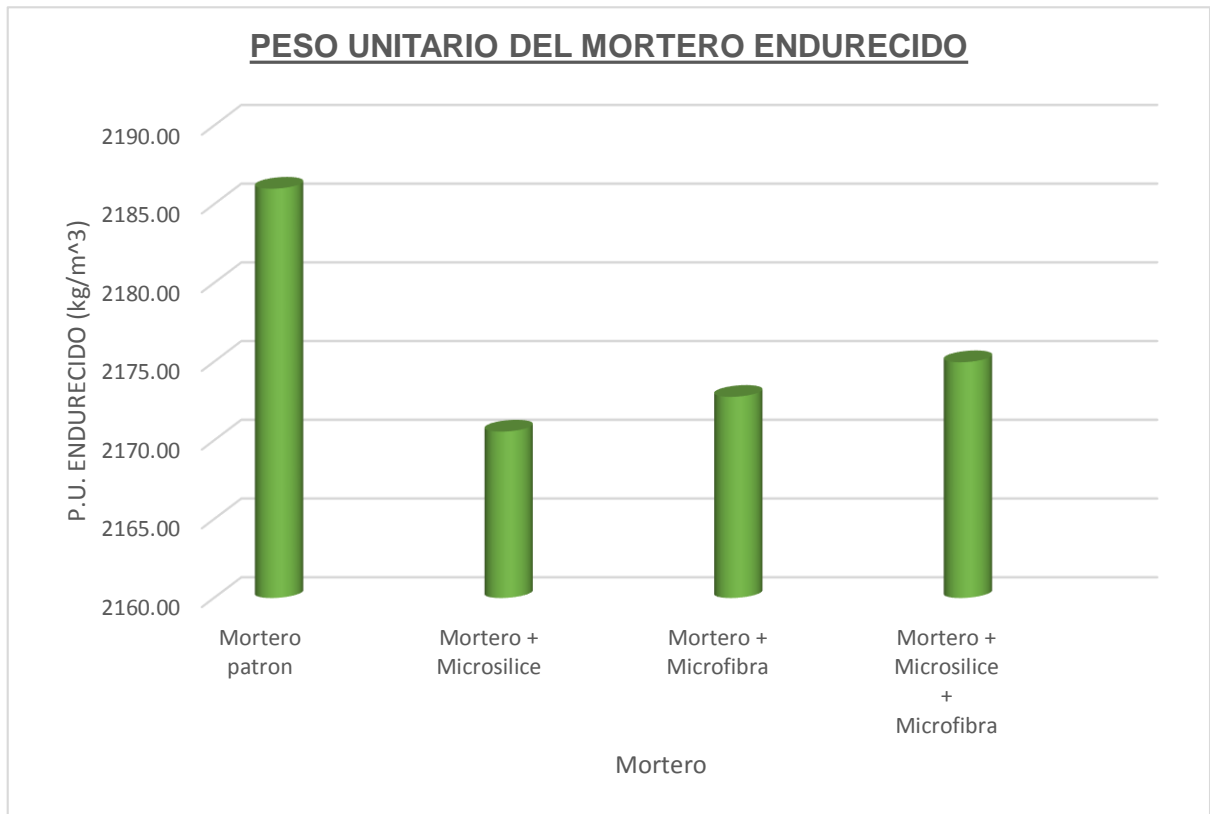


En la tabla 12 y la gráfica 1 se muestra que el peso unitario del mortero seco de las probetas curadas a los 28 días del mortero patrón es de 2194.11 kg/m³ y para el mortero con microsilice, microfibra de polipropileno y la combinación de ambos tienen un peso unitario seco de 2183.56 kg/m³, 2173.33 kg/m³ y 2189.69 kg/m³ respectivamente; los resultados son similares con respecto al mortero patrón.

Tabla 13: Peso unitario del mortero seco proporción 1:5.

MORTERO	P.U. Mortero (kg/m ³)
Mortero patrón	2185.99
Mortero + Microsilice	2170.56
Mortero + Microfibra	2172.77
Mortero + Microsilice + Microfibra	2174.97

Gráfica 2: Peso unitario del mortero seco proporción 1:5.

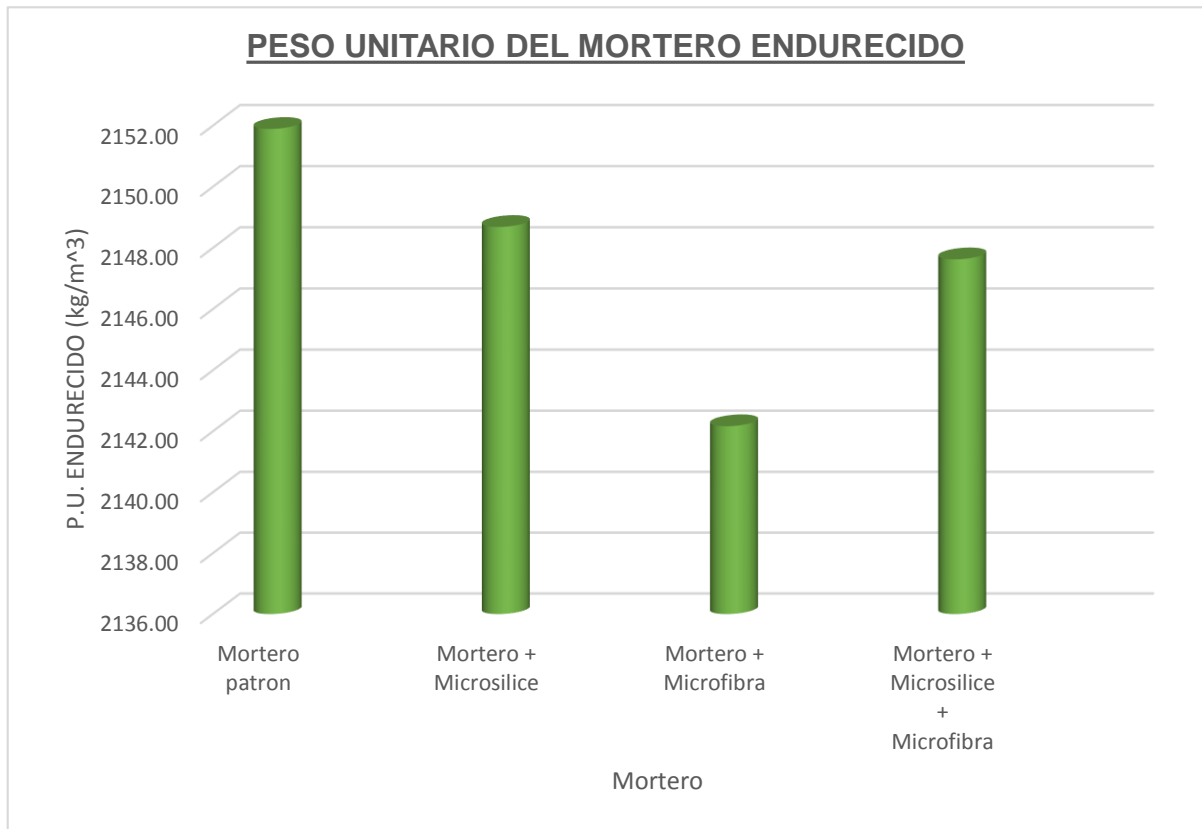


En la tabla 13 y la gráfica 2 se muestra que el peso unitario del mortero seco de las probetas curadas a los 28 días del mortero patrón es de 2185.99 kg/m³ y para el mortero con microsilice, microfibra de polipropileno y la combinación de ambos tienen un peso unitario seco de 2170.56 kg/m³, 2172.77 kg/m³ y 2174.97 kg/m³ respectivamente; los resultados son similares con respecto al mortero patrón.

Tabla 14: Peso unitario del mortero seco proporción 1:6.

MORTERO	P.U. Mortero (kg/m³)
Mortero patrón	2151.89
Mortero + Microsilice	2148.69
Mortero + Microfibra	2142.17
Mortero + Microsilice + Microfibra	2147.63

Gráfica 3: Peso unitario del mortero seco proporción 1:6.



En la tabla 14 y la gráfica 3 se muestra que el peso unitario del mortero seco de las probetas curadas a los 28 días del mortero patrón es de 2151.89 kg/m³ y para el mortero con microsilice, microfibra de polipropileno y la combinación de ambos tienen un peso unitario seco de 2148.69 kg/m³, 2142.17 kg/m³ y 2147.63 kg/m³ respectivamente; los resultados son similares con respecto al mortero patrón.

4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

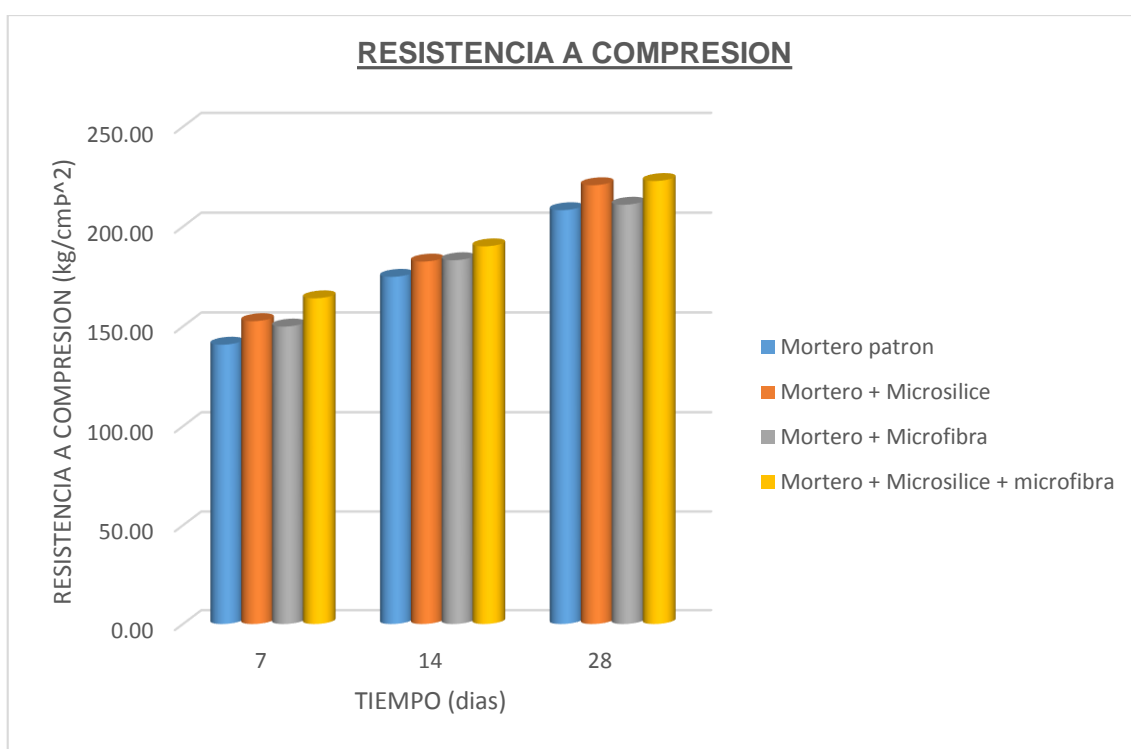
Para el ensayo de resistencia a compresión de las probetas de mortero se realizaron a las edades de 7, 14 y 28 días para las diferentes proporciones de mortero (1:4, 1:5 y 1:6).

Además, cada proporción de mortero se divide en mortero patrón, mortero con microsilice, mortero con microfibra de polipropileno y mortero con la combinación de microsilice y microfibra de polipropileno para cada caso se elaboraron 6 probetas por edad. Los resultados que a continuación se muestran es la resistencia promedio a compresión.

Tabla 15: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.

PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/cm²)			
MORTERO	TIEMPO DE ENSAYO (DÍAS)		
	7	14	28
Mortero patrón	140.83	174.83	208.22
Mortero + Microsilice	152.62	182.47	220.71
Mortero + Microfibra	149.91	183.16	210.95
Mortero + Microsilice + microfibra	164.08	190.10	222.83

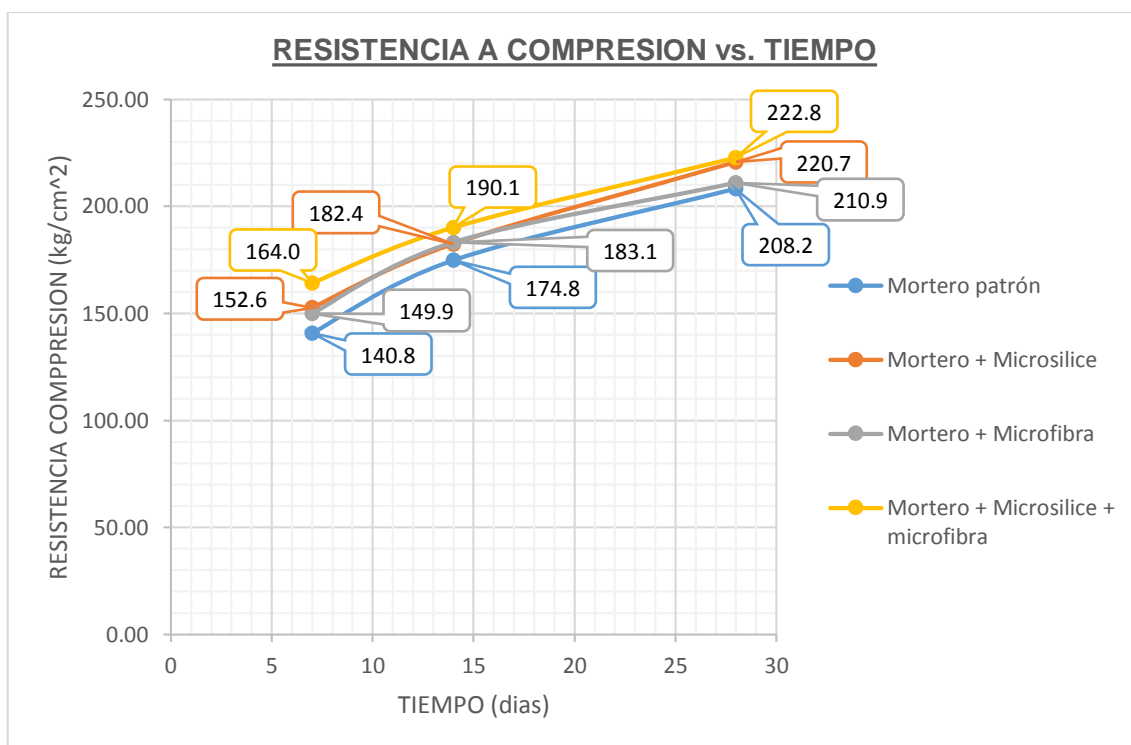
Gráfica 4: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.



La gráfica 15 nos muestra que la resistencia promedio a compresión a los 7 y 14 días del mortero para la proporción 1:4 es mayor cuando contiene microsilice y microfibra de polipropileno juntos.

La resistencia a los 28 días varía entre 2 a 14 kg/cm² con respecto al mortero patrón por lo tanto el mayor incremento es del mortero con microsilice y microfibra de polipropileno juntos.

Gráfica 5: Evolución de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.



La gráfica 5 nos muestra que el mortero que contiene microsilice y microfibra de polipropileno por separado o juntos su aumento de resistencia es baja con respecto al mortero patrón, también se puede observar que la evolución del mortero que contiene 5% de microsilice y 100 g/m³ microfibra de polipropileno es la que alcanza mayor resistencia a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 16: Variación de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:4.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)			
MORTERO	TIEMPO DE ENSAYO (DIAS)		
	7	14	28
Mortero patrón	100.00	100.00	100.00
Mortero + Microsilice	108.37	104.37	106.00
Mortero + Microfibra	106.44	104.77	101.31
Mortero + Microsilice + microfibra	116.50	108.74	107.02

En la tabla 16 se observa que la mayor variación porcentual de la resistencia a compresión del mortero con 5 % de microsilice y 100 g/m³ de microfibra de polipropileno a los 7

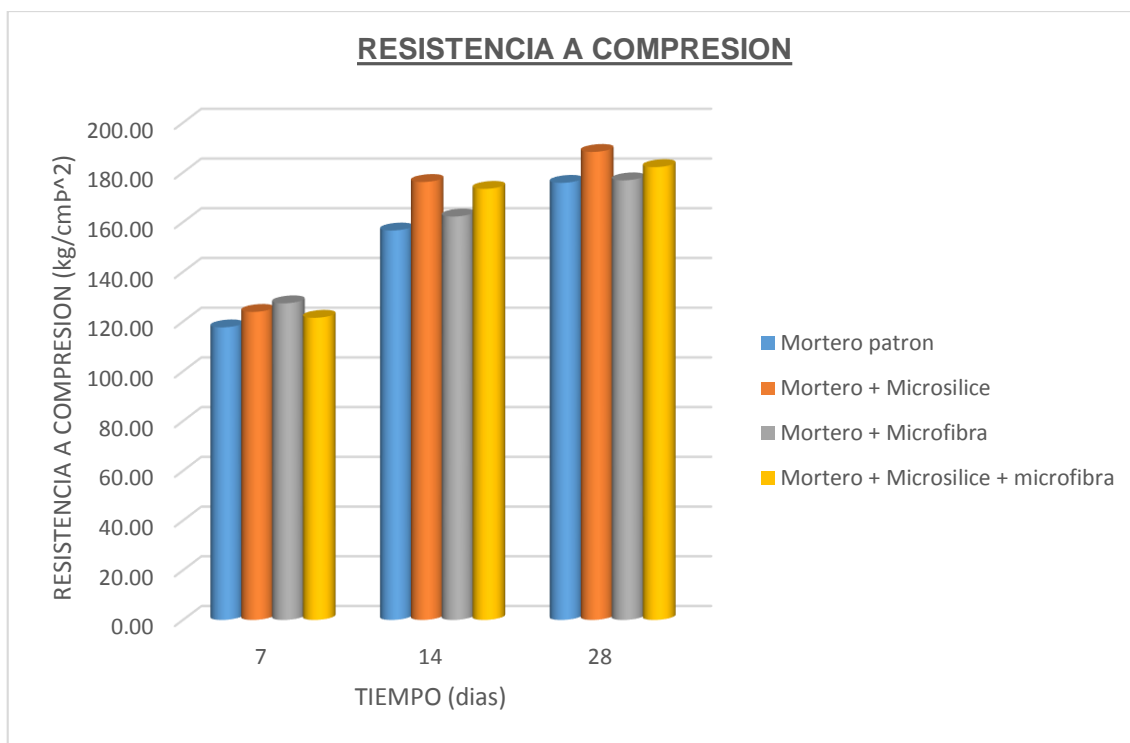
días es de 16.50 %, a los 14 días es de 8.74 % y los 28 días es de 7.02 % con respecto al mortero patrón, por lo tanto, el mayor incremento de la resistencia es a los 7 días.

El mortero que contiene 100 g/m³ microfibras de polipropileno tiene una variación de la resistencia 1.31 % a los 28 días es la variación más baja que se tiene según la gráfica.

Tabla 17: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.

PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/cm²)			
MORTERO	TIEMPO DE ENSAYO (DÍAS)		
	7	14	28
Mortero patrón	117.67	156.63	175.80
Mortero + Microsilice	123.90	176.15	188.25
Mortero + Microfibra	127.35	162.27	176.81
Mortero + Microsilice + microfibra	121.53	173.39	182.13

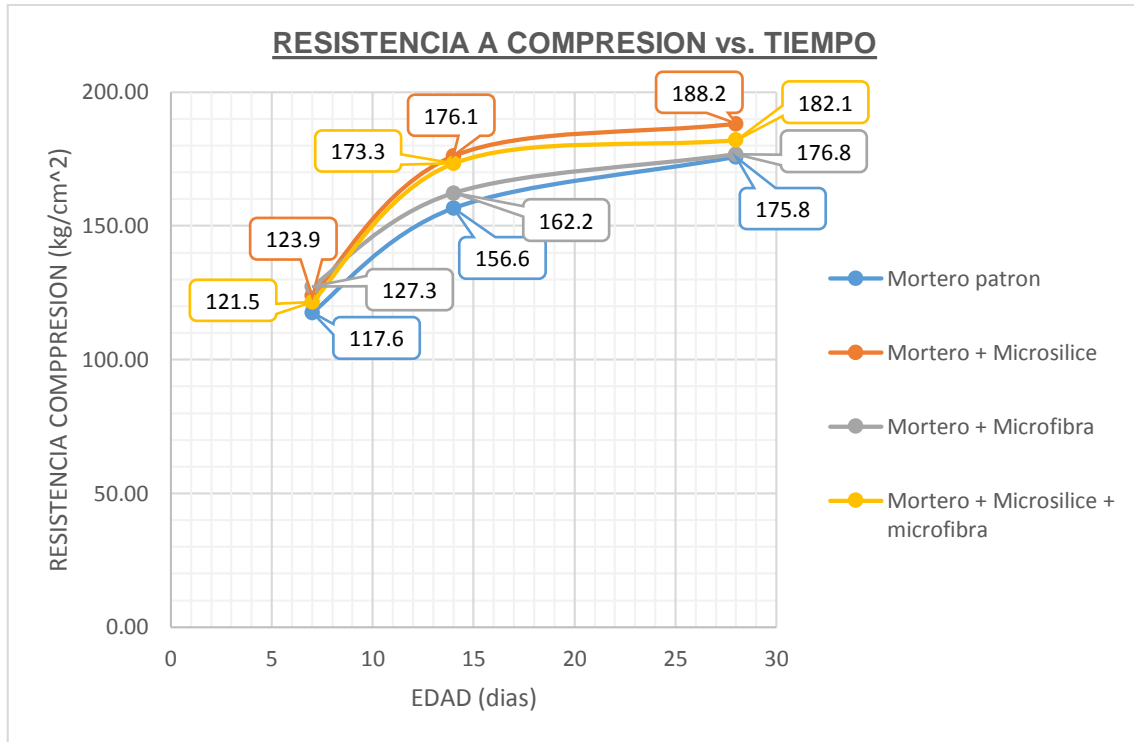
Gráfica 6: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.



La gráfica 17 nos muestra que la resistencia promedio a compresión a los 7 días del mortero para la proporción 1:5 es mayor cuando contiene 100 g/m³ microfibras de polipropileno y a los 14 días cuando contiene 5% de microsilice.

La resistencia a los 28 días varía entre 1 a 12 kg/cm² con respecto al mortero patrón por lo tanto el mayor incremento es del mortero con 5 % de microsilice.

Gráfica 7: Evolución de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.



La gráfica 7 nos muestra que el mortero que contiene microsilice y microfibra de polipropileno por separado o juntos su aumento de resistencia es baja con respecto al mortero patrón, también se puede observar que la evolución del mortero que contiene 5% de microsilice es la que alcanza mayor resistencia a los 14 y 28 días.

A los 7 días tanto el mortero patrón o con adición de microsilice y microfibra de polipropileno por separado o juntos tienen similar evolución.

Tabla 18: Variación de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:5.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)			
MORTERO	TIEMPO DE ENSAYO (DÍAS)		
	7	14	28
Mortero patrón	100.00	100.00	100.00
Mortero + Microsilice	105.30	112.46	107.08
Mortero + Microfibra	108.23	103.60	100.57
Mortero + Microsilice + microfibra	103.29	110.70	103.60

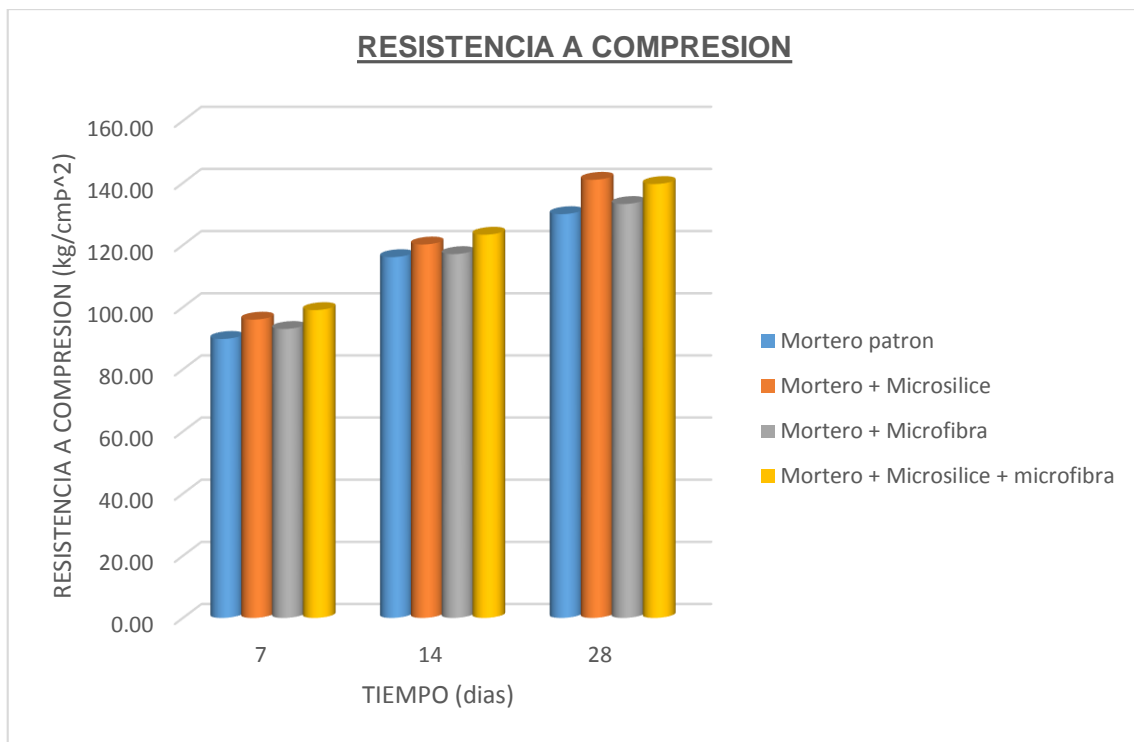
En la tabla 18 se observa la mayor variación porcentual de la resistencia a compresión es del mortero con 100 g/m³ de microfibra de polipropileno a los 7 días es de 8.23 % y del mortero con 5% de microsílíce a los 14 días es de 12.46% y los 28 días es de 7.08 % con respecto al mortero patrón, por lo tanto, el mayor incremento de la resistencia es a los 14 días.

El mortero con 100 g/m³ microfibra de polipropileno tiene una variación de la resistencia 0.57% a los 28 días es la variación más baja que se tiene según la gráfica.

Tabla 19: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.

PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/cm²)			
MORTERO	TIEMPO DE ENSAYO (DÍAS)		
	7	14	28
Mortero patrón	89.78	116.10	129.93
Mortero + Microsílíce	95.99	120.17	140.99
Mortero + Microfibra	92.98	117.08	133.19
Mortero + Microsílíce + microfibra	99.06	123.32	139.62

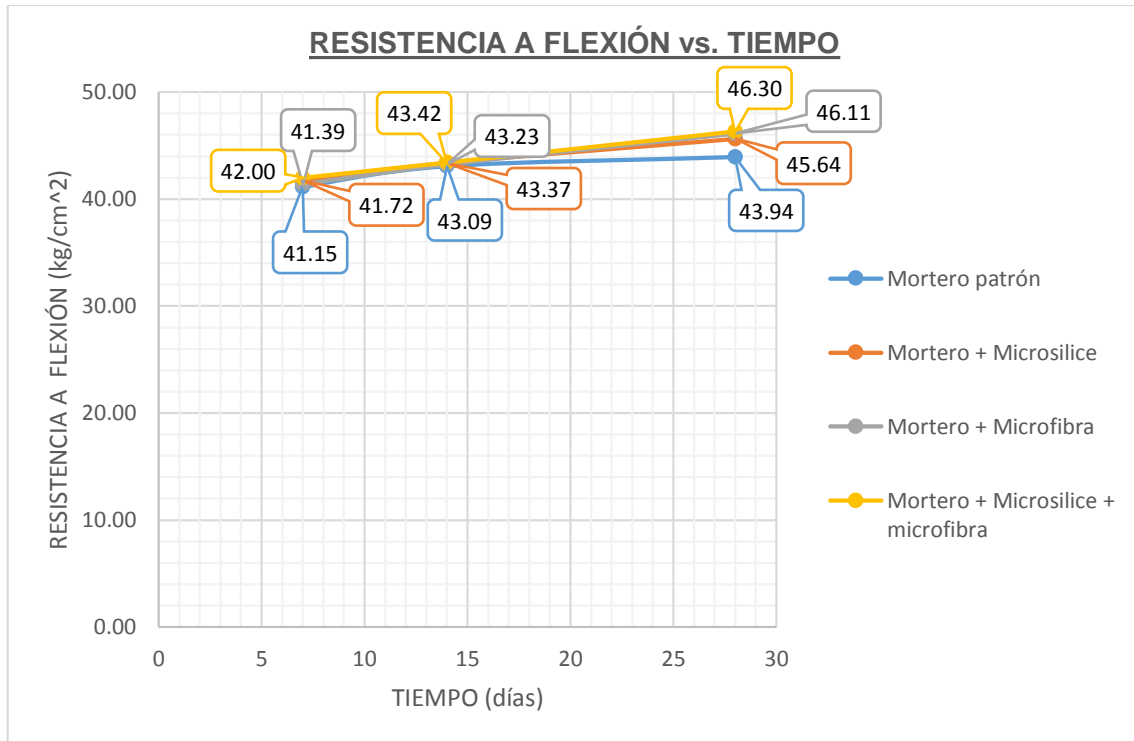
Gráfica 8: Resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.



La grafica 8 nos muestra que la resistencia promedio a compresión a los 7 y 14 días del mortero para la proporción 1:6 es mayor cuando contiene 5% microsíllice y 100 g/m³ de microfibra de polipropileno.

La resistencia a los 28 días varía entre 3 a 11 kg/cm² con respecto al mortero patrón por lo tanto el mayor incremento es del mortero con 5 % microsíllice.

Gráfica 9: Evolución de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.



La gráfica 9 nos muestra que el mortero que contiene microsíllice y microfibras de polipropileno por separado o juntos su aumento de resistencia es baja con respecto al mortero patrón, también se puede observar que la evolución del mortero que contiene 5% de microsíllice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno es la que alcanza mayor resistencia a los 7, 14 y el mortero con 5 % microsíllice tiene una resistencia mayor a los 28 días.

Tabla 20: Variación de la resistencia promedio a compresión del mortero proporción 1:6.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (%)			
MORTERO	TIEMPO DE ENSAYO (DÍAS)		
	7	14	28
Mortero patrón	100.00	100.00	100.00
Mortero + Microsilice	106.92	103.50	108.51
Mortero + Microfibra	103.57	100.84	102.51
Mortero + Microsilice + microfibra	110.34	106.22	107.46

En la tabla 20 se observa la mayor variación porcentual de la resistencia a compresión es del mortero con 5 % de microsilice y 100 g/m³ de microfibra a los 7 días es de 10.34 %, a los 14 días es de 6.22 % y el mortero con 5 % microsilice los 28 días es de 8.51 % con respecto al mortero patrón, por lo tanto, el mayor incremento de la resistencia es a los 7 días.

El mortero con 100 g/m³ microfibra de polipropileno tiene una variación de la resistencia 0.84 % a los 14 días es la variación más baja que se tiene según la gráfica.

4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

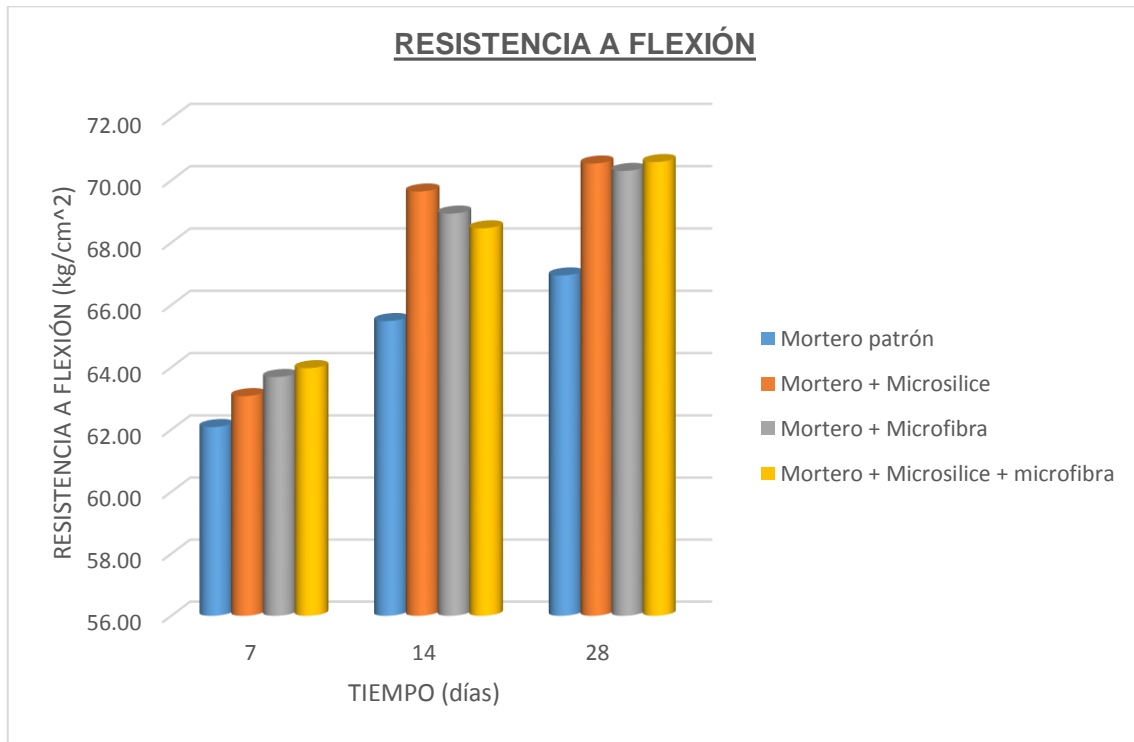
Para el ensayo de resistencia a flexión de las probetas de mortero se realizaron a las edades de 7, 14 y 28 días para las diferentes proporciones de mortero (1:4, 1:5 y 1:6).

Además, cada proporción de mortero se divide en mortero patrón, mortero con microsilice, mortero con microfibra de polipropileno y mortero con la combinación de microsilice y microfibra de polipropileno para cada caso se elaboraron 6 probetas por edad. Los resultados que a continuación se muestran es la resistencia promedio a flexión.

Tabla 21: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.

PROMEDIO DE RESISTENCIA FLEXIÓN (kg/cm²)			
MORTERO			
	7	14	28
Mortero patrón	62.08	65.48	66.95
Mortero + Microsilice	63.07	69.64	70.54
Mortero + Microfibra	63.69	68.93	70.30
Mortero + Microsilice + microfibra	63.97	68.46	70.59

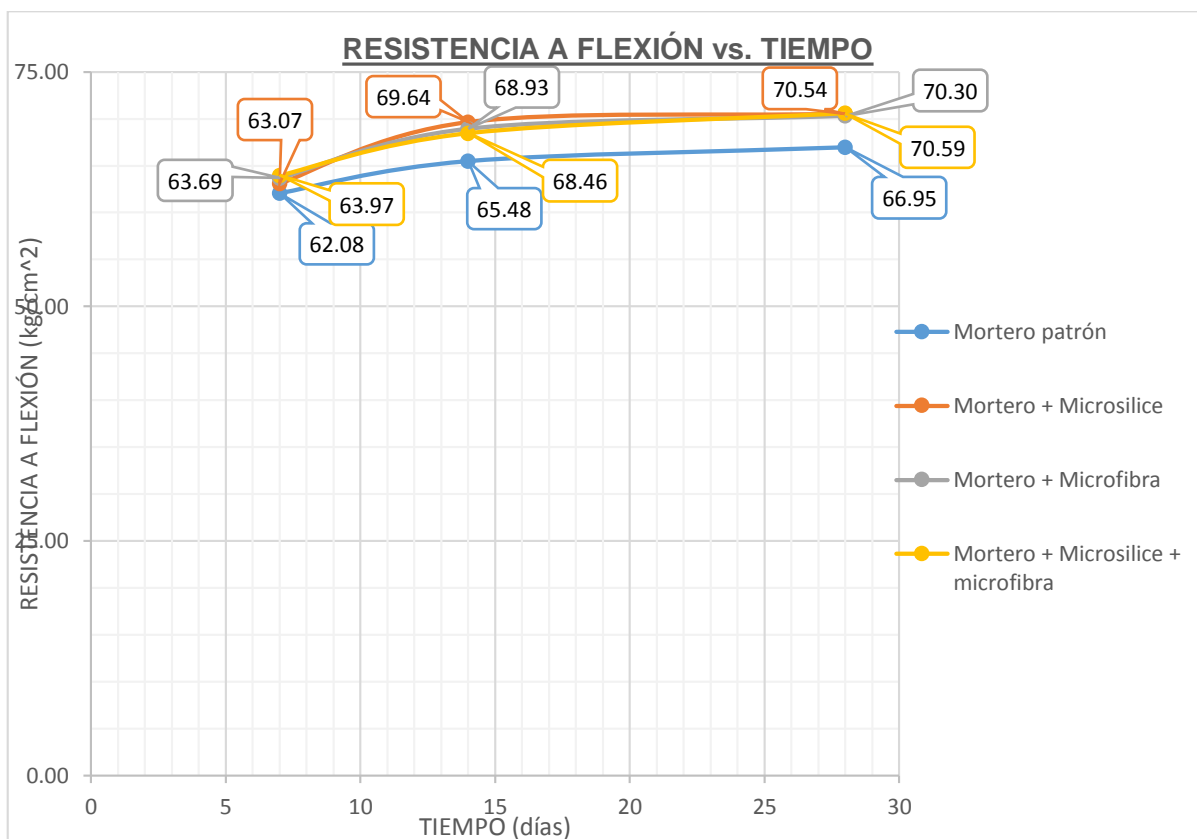
Gráfica 10: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.



La gráfica 10 nos muestra que la resistencia promedio a flexión a los 7 días del mortero para la proporción 1:4 es mayor cuando contiene 5% microsilice y 100 g/m³ microfibra de polipropileno, en cambio a los 14 días tiene mayor resistencia el mortero con 5 % microsilice.

La resistencia a los 28 días la máxima variación es de 3.64 kg/cm² con respecto al mortero patrón por lo tanto el mayor incremento es del mortero que contiene 5 % microsilice y 100 g/m³ microfibra de polipropileno.

Gráfica 11: Evolución de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.



La gráfica 11 nos muestra que el mortero que contiene microsilice y microfibra por separado o juntos su aumento de resistencia es baja con respecto al mortero patrón, la mayor evolución es del mortero con 5% microsilice y 100 g/m³ microfibra de polipropileno.

Tabla 22: Variación de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:4.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA FLEXIÓN (%)			
MORTERO			
	7	14	28
Mortero patrón	100.00	100.00	100.00
Mortero + Microsilice	101.60	106.35	105.36
Mortero + Microfibra	102.59	105.27	105.01
Mortero + Microsilice + microfibra	103.04	104.55	105.43

En la tabla 22 se observa la mayor variación porcentual de la resistencia a flexión es del mortero con 5 % de microsilice y 100 g/m³ de microfibra de polipropileno a los 7 y 28 días es de 3.04 % y 5.43 % con respectivamente y el mortero con 5 % microsilice los 14

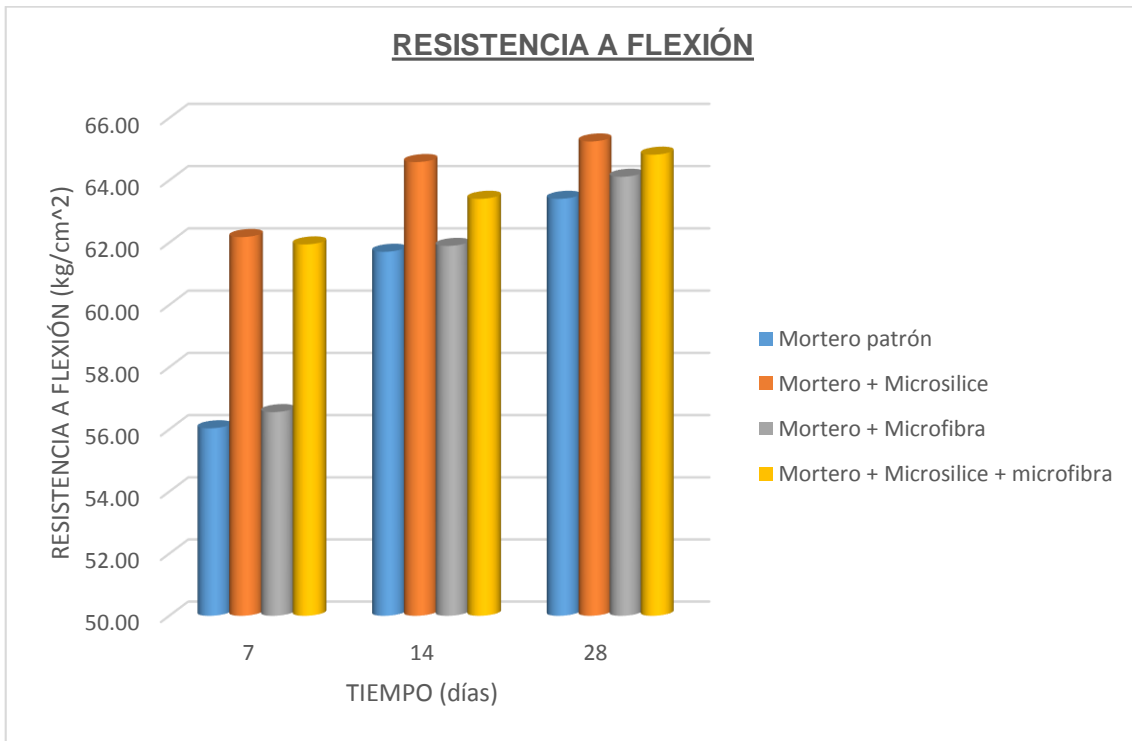
días es de 6,35 % con respecto al mortero patrón, por lo tanto, el mayor incremento de la resistencia es a los 14 días.

El mortero con 5 % microsílíce tiene una variación de la resistencia 1.60 % a los 7 días es la variación más baja que se tiene según la gráfica.

Tabla 23: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.

PROMEDIO DE RESISTENCIA FLEXIÓN (kg/cm²)			
MORTERO			
	7	14	28
Mortero patrón	56.03	61.70	63.41
Mortero + Microsílíce	62.18	64.59	65.25
Mortero + Microfibrá	56.55	61.89	64.11
Mortero + Microsílíce + microfibrá	61.94	63.41	64.82

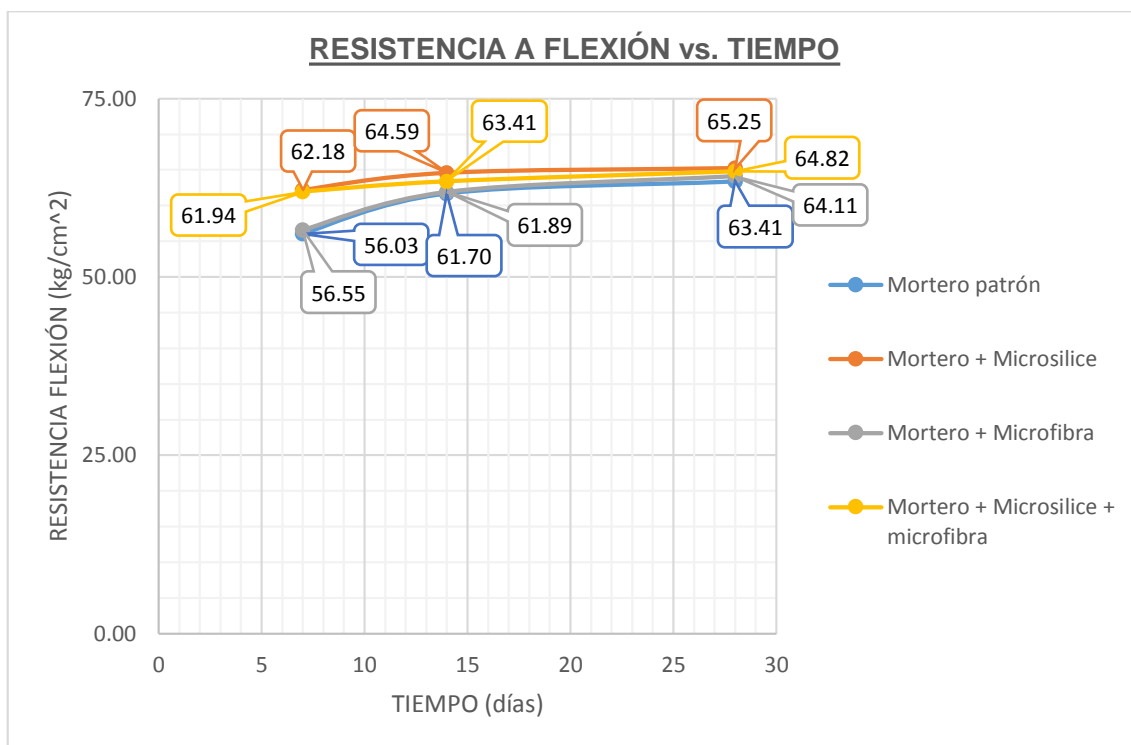
Gráfica 12: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.



La gráfica 12 nos muestra que la resistencia promedio a flexión a los 7 y 14 días del mortero para la proporción 1:5 es mayor cuando contiene 5% microsílíce.

La resistencia a los 28 días la máxima variación es de 1.84 kg/cm² con respecto al mortero patrón por lo tanto el mayor incremento es del mortero con 5 % microsílíce.

Gráfica 13: Evolución de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.



La gráfica 13 nos muestra que el mortero que contiene microsilice y microfibra de polipropileno por separado o juntos su aumento de resistencia es baja con respecto al mortero patrón, la mayor evolución es del mortero que contiene 5% microsilice.

Tabla 24: Variación de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:5.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA FLEXIÓN (%)			
MORTERO			
	7	14	28
Mortero patrón	100.00	100.00	100.00
Mortero + Microsilice	110.96	104.67	102.91
Mortero + Microfibra	100.93	100.31	101.12
Mortero + Microsilice + microfibra	110.54	102.76	102.24

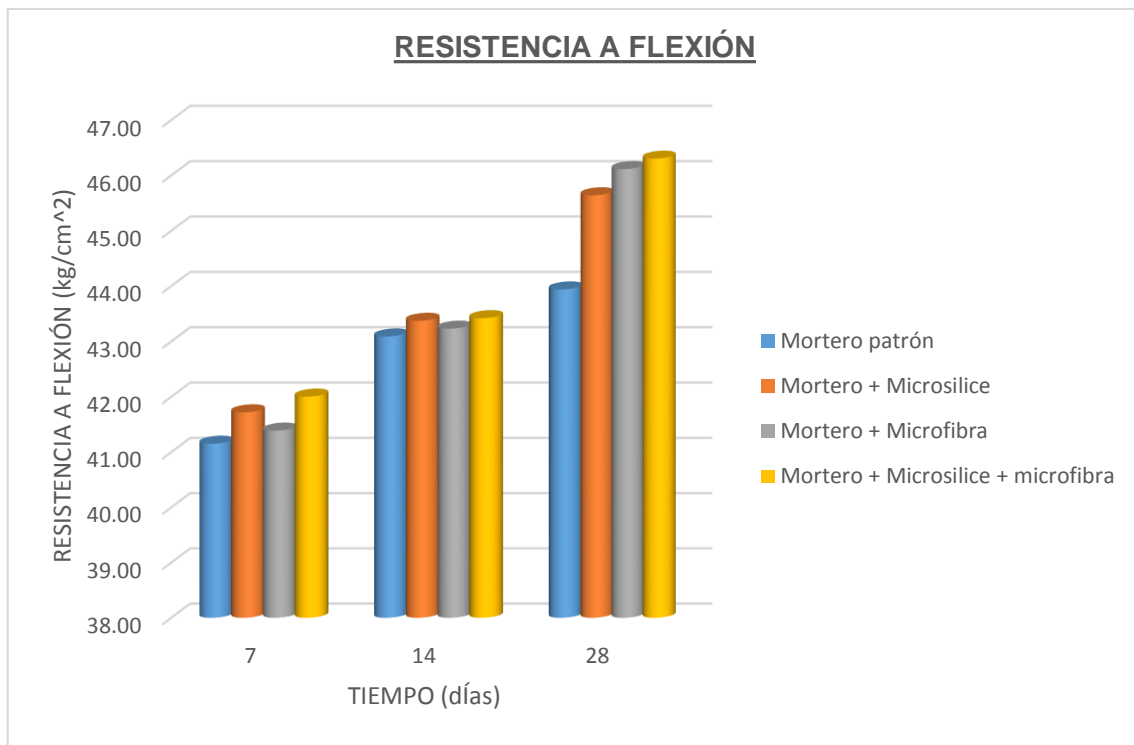
En la tabla 24 se observa la mayor variación porcentual de la resistencia a flexión es del mortero con 5 % de microsilice a los 7, 14 y 28 días es de 10.96 %, 4.67 % y 2.91 % respectivamente, por lo tanto, el mayor incremento de la resistencia es a los 7 días.

El mortero con 100 g/m³ microfibra de polipropileno tiene una variación de la resistencia 0.31 % a los 14 días es la variación más baja que se tiene según la gráfica.

Tabla 25: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.

PROMEDIO DE RESISTENCIA FLEXIÓN (kg/cm²)			
MORTERO			
	7	14	28
Mortero patrón	41.15	43.09	43.94
Mortero + Microsilice	41.72	43.37	45.64
Mortero + Microfibra	41.39	43.23	46.11
Mortero + Microsilice + microfibra	42.00	43.42	46.30

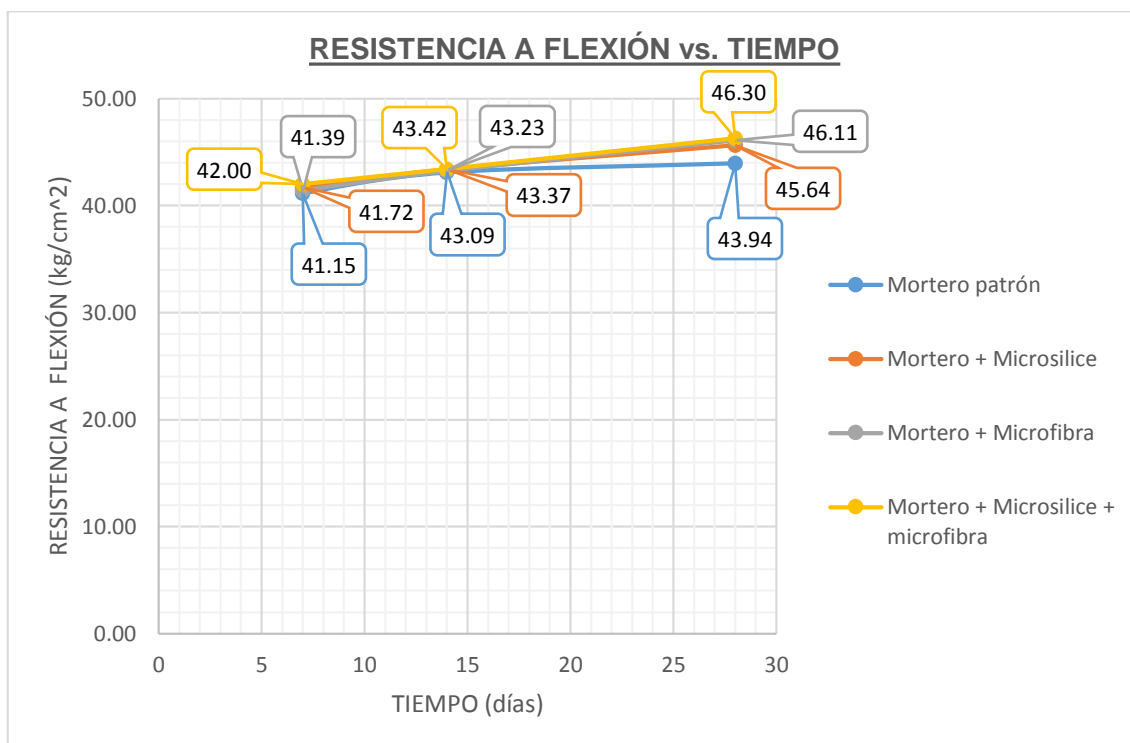
Gráfica 14: Resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.



La gráfica 14 nos muestra que la resistencia promedio a flexión a los 7 y 14 días del mortero para la proporción 1:6 es mayor cuando contiene 5% microsilice y 1 00 g/m³ microfibra.

La resistencia a los 28 varía entre 1.70 a 2.36 kg/cm² con respecto al mortero patrón por lo tanto el mayor incremento es del mortero que contiene 5 % microsilice y 1 00 g/m³ microfibra de polipropileno.

Gráfica 15: Evolución de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.



La gráfica 15 nos muestra que el mortero que contiene microsilice y microfibra de polipropileno por separado o juntos su aumento de resistencia a los 7 y 14 días es baja con respecto al mortero patrón, solo a los 28 días su aumento es mayor.

Tabla 26: : Variación de la resistencia promedio a flexión del mortero proporción 1:6.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA FLEXIÓN (%)			
MORTERO			
	7	14	28
Mortero patrón	100.00	100.00	100.00
Mortero + Microsilice	101.38	100.66	103.87
Mortero + Microfibra	100.57	100.33	104.95
Mortero + Microsilice + microfibra	102.07	100.77	105.38

En la tabla 26 se observa la mayor variación porcentual de la resistencia a flexión es del mortero que contiene 5 % de microsilice a los 7, 14 y 28 días es de 2.07 %, 0.77 % y 5.38 % respectivamente, por lo tanto, el mayor incremento de la resistencia es a los 28 días.

El mortero con 100 g/m³ microfibra de polipropileno tiene una variación de la resistencia de 0.33 % a los 14 días es la variación más baja que se tiene según la gráfica.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- El agregado fino de la cantera Roca Fuerte tiene un peso específico de masa, peso unitario compactado y módulo de finura de 2.60 g/cm^3 , 1812.86 kg/m^3 y 2.91 respectivamente.
- Se determinó la cantidad óptima de la adición de microsilice y microfibras de polipropileno para el mortero proporción 1:4, 1:5 y 1:6 es de 5% microsilice, 100 g/m^3 y la combinación de ambos.
- Se determinó que el mortero proporción 1:4 con adición de microsilice y microfibras de polipropileno obtienen una mayor resistencia a la compresión y flexión de 222.83 y 70.59 kg/cm^2 aumentado su resistencia en 7.02% y 5.43%, el mortero proporción 1:5 con adición de microsilice obtienen una mayor resistencia a la compresión y flexión de 188.25 y 65.25 kg/cm^2 aumentado su resistencia en 7.08% y 2.91% y el mortero proporción 1:6 con adición de microsilice y con la combinación de la adición de microsilice y microfibras de polipropileno obtienen una mayor resistencia a la compresión y flexión de 140.99 y 46.30 kg/cm^2 aumentado su resistencia en 8.51% y 5.38% a los 28 días respectivamente para todas las proporciones de morteros.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda que se realicen investigaciones de resistencia al impacto del mortero con adición de microsilice y microfibras de polipropileno.
- Se recomienda que se realicen investigaciones utilizando aditivo superplastificante a fin de determinar su influencia en la resistencia mecánica del mortero.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto castillo, Flavio. 1993. Tecnología del concreto (teoría y problemas). Lima-Perú. San Marcos
- ASTM C 143. Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
- ASTM C 109. Standard Test Method for Compressive of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or (50-mm.) Cube Specimens). Normal Consistency of Hydraulic Cement.
- ASTM C 348. Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic - Cement Mortars.
- Castro Aguirre, Julio C.; 2016. Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.
- Chiguay Velásquez, Jassna E.; 2007. Análisis razón Agua/cemento con mortero de cemento blanco. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile
- De la Sotta Monreal, Juan P.; 2010 Análisis comparativo entre mortero de junta para albañilería fabricado en obra y mortero premezclado húmedo para albañilería. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.
- EHE-08. 2011. Instrucción de Hormigón Estructural. España.
- Enfedaque Díaz, Alejandro; 2008. Resistencia a impacto de morteros de cemento reforzados con fibra de vidrio (GRC). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid-España.
- Gómez Domínguez, Jorge; s.f. Materiales de construcción. Monterrey-México.
- González Salcedo, Luis O.; 2013. Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus propiedades mecánicas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira-Colombia.
- Gutiérrez de López, Libia. 2003. El concreto y otros materiales para la construcción. Manizales-Colombia.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. 2017. Concreto reforzado con fibras.
- I.N.V. E – 324 – 07. Resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico.
- Lezama Leyva, José. 1996. Tecnología del concreto. Cajamarca-Perú.

- Mancilla Concha, Sammy G.; 2014. Análisis del comportamiento mecánico del mortero con mezcla 1:3 reemplazando arena fina por PEBD reciclado. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa-Perú.
- Mármol Salazar, Patricia C.; 2010. Hormigones con fibras de acero características Mecánicas. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid-España.
- Meza Hajar, Freud E.; 2004. Estudio de mortero de mediana a baja resistencia de cemento, con adición de cal aérea. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú.
- Medina Salazar, Carol E.; 2017. Influencia del fotocatalizador dióxido de titanio en las propiedades autolimpiables y mecánicas del mortero de cemento - arena 1:4 – Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca-Perú.
- Ministerio de transportes y Comunicaciones. 2016. Manual de ensayo de materiales. Lima-Perú.
- Muñoz Cebrián, Fernando; 2010/2011. Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de polipropileno multifilamento: influencia del porcentaje de fibra adicionado. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España.
- NTP 334.051. 2006. CEMENTO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de mortero de cemento Pórtland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Lima-Perú.
- NTP 334.120. 2002. CEMENTOS. Método de Ensayo Normalizado de Resistencia a la Flexión de Morteros cemento Portland. 2° Ed. Lima-Perú.
- NTP 339.035 HORMIGON (CONCRETO). 2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. 3° Ed. Lima-Perú.
- NTP 339.185. AGREGADOS. 2013. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2°. Ed. Lima-Perú.
- NTP 400.010. AGREGADOS. 2001. Extracción y preparación de muestras. 2°. Ed. Lima-Perú.
- NTP 400.011. AGREGADOS. 2008. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2° Ed. Lima-Perú.
- NTP 400.012. AGREGADOS. 2001. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2° Ed. Lima-Perú.
- NTP 400.017. AGREGADOS. 1999. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2° Ed. Lima-Perú.

- NTP 400.022. AGREGADOS. 2013. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3°. Ed. Lima-Perú.
- NTP 400.037. 2014. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. 3° Ed. Lima-Perú.
- Pasquel Carbajal, Enrique. 1998. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Lima-Perú.
- Pérez Bahamonde, Manuel H.; 2008. Caracterización de morteros con adición de combinaciones de microsilice y nanosilice. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.
- Ramos Salazar, Jesús. 2015. Costos y Presupuestos en Edificaciones. 1° Ed. Lima-Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. 2017. Norma E.070 albañilería. Lima-Perú.
- Rivva López, Enrique. 2002. Concreto de alta resistencia. Lima-Perú. ICG
- Rivva López, Enrique. 2010. Diseño de mezclas. Lima. Perú. ICG
- Rivva López, Enrique. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. Lima-Perú. ICG.
- Rivva López, Enrique. 2004. Control del concreto en obra. Lima-Perú. ICG.
- Rivera López, Gerardo. S.f. Concreto simple. Cauca-Colombia.
- Sánchez de Guzmán, Diego. 1997. Tecnología y Propiedades. Bogotá-Colombia. ASOCRETO.
- Sánchez Paniagua, Arturo A.; 2017. Optimización del diseño de morteros cemento – arena mediante un método gráfico en la ciudad de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca-Perú.
- Sika Colombia S.A.S. 2014. Concreto reforzado con fibras.
- Torre Carrillo, Ana. 2004. Curso básico de tecnología del concreto. Lima-Perú.
- T. Hirschi, H. Knauber, M. Lanz, J. Schlumpf, J. Schrabback, C. Spirig, U. Waeber. Sika® 2010. Manual del hormigón.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. TABLA PARA ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECANICAS DEL AGREGADO FINO.

Tabla 27: Porcentaje que pasa del agregado fino.

Malla(mm)	Porcentaje que pasa	
9.51 mm (3/4)	100.00	100.00
4.76 mm (n° 4)	95.00	100.00
2.36 mm (n° 8)	80.00	100.00
1.18 mm (n° 16)	50.00	85.00
600 µm (n° 30)	25.00	60.00
300 µm (n° 50)	10.00	30.00
150 µm (n° 100)	2.00	10.00

Fuente: Rivva López (2000)

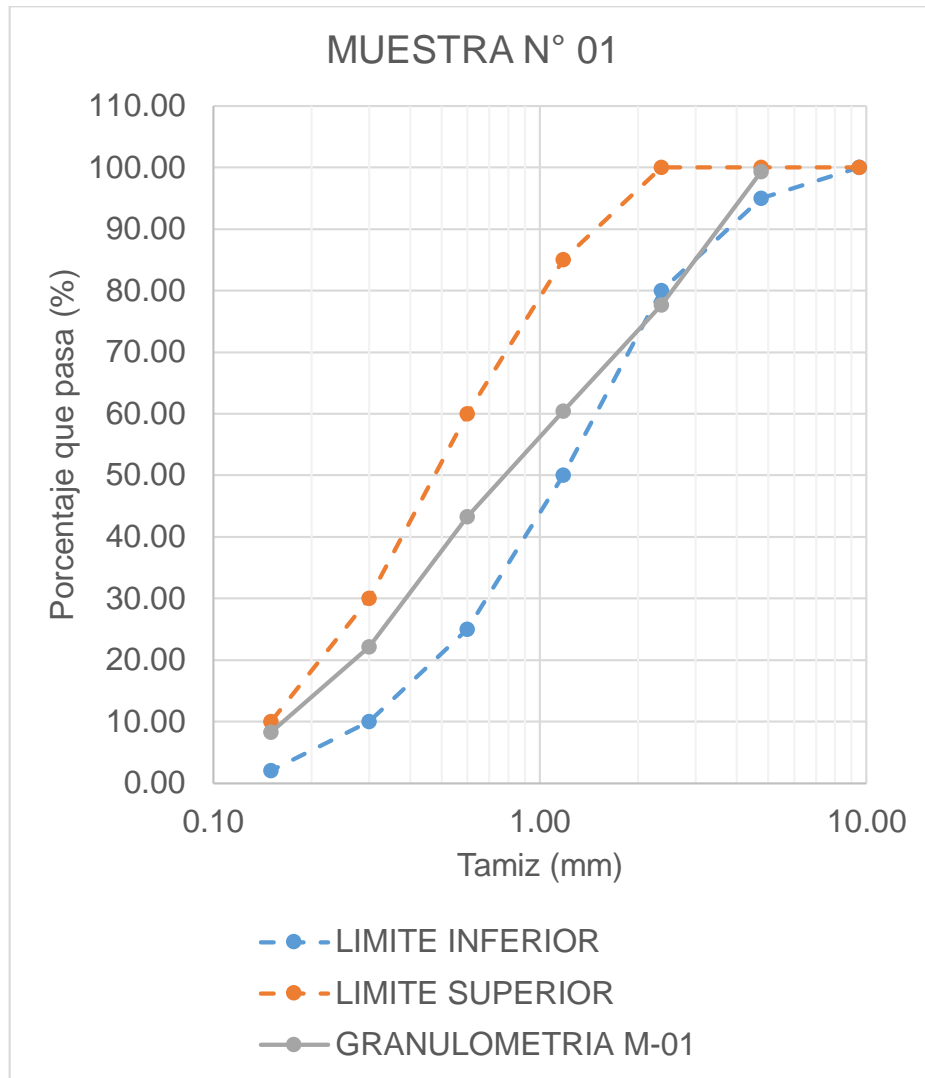
7.2. PROPIEDADES FÍSICAS-MECANICAS DEL AGREGADO FINO.

Peso total (muestra) = 2500 gr

Tabla 28: Ensayo N° 1 (granulometría del agregado fino).

MALLA		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°	(mm)				
4	4.76	16.00	0.64	0.64	99.36
8	2.36	543.00	21.72	22.36	77.64
16	1.18	431.00	17.24	39.60	60.40
30	0.60	429.00	17.16	56.76	43.24
50	0.30	528.00	21.12	77.88	22.12
100	0.15	345.00	13.80	91.68	8.32
CAZOLETA		208.00	8.32	100.00	0.00
M.F		2.89			

Gráfica 16: Ensayo N° 1 (Curva de la granulometría del agregado fino).

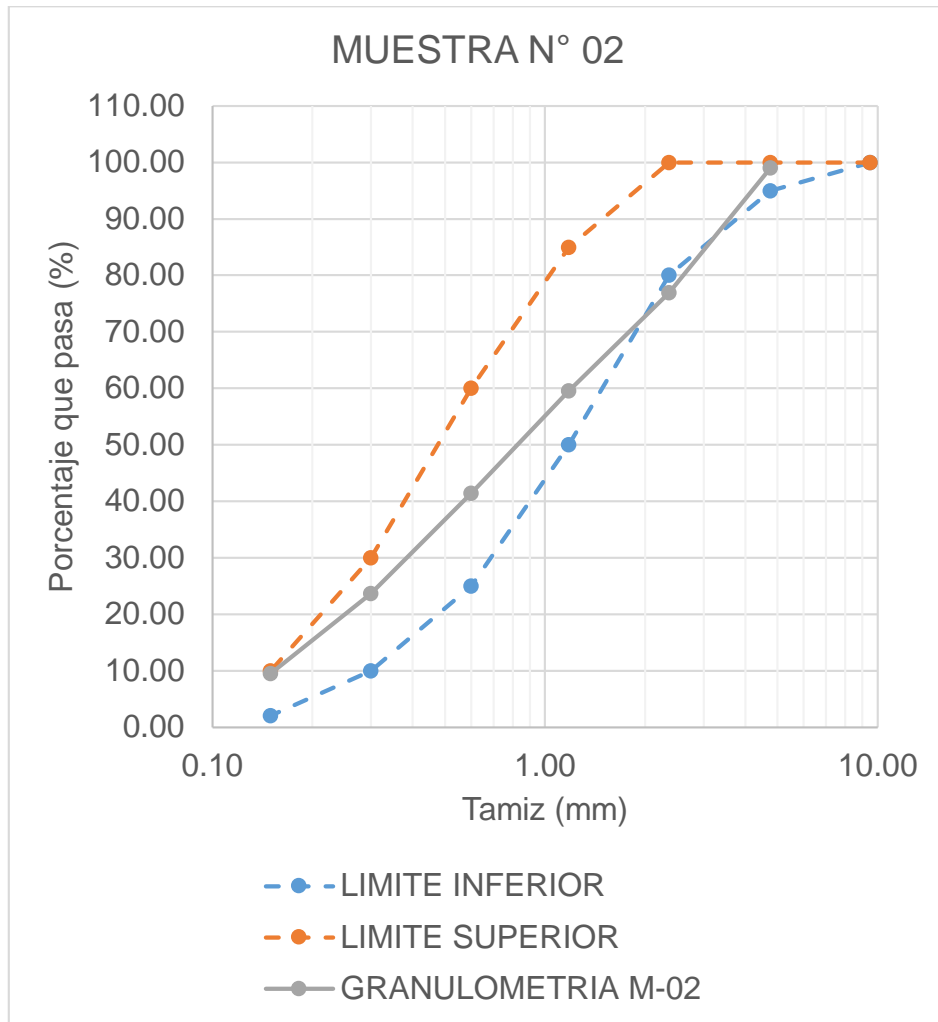


Peso total (muestra) = 2800 gr

Tabla 29: Ensayo N° 2 (granulometría del agregado fino).

MALLA		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°	(mm)				
4	4.76	27.00	0.96	0.96	99.04
8	2.36	619.00	22.11	23.07	76.93
16	1.18	487.00	17.39	40.46	59.54
30	0.60	507.00	18.11	58.57	41.43
50	0.30	498.00	17.79	76.36	23.64
100	0.15	397.00	14.18	90.54	9.46
CAZOLETA		265.00	9.46	100.00	0.00
M.F		2.90			

Gráfica 17: Ensayo N° 2 (Curva de la granulometría del agregado fino).



Peso total (muestra) = 2900 gr.

Tabla 30: Ensayo N° 3 (granulometría del agregado fino).

MALLA		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acum. (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°	(mm)				
4	4.76	39.00	1.34	1.34	98.66
8	2.36	610.00	21.03	22.38	77.62
16	1.18	515.00	17.76	40.14	59.86
30	0.60	575.00	19.83	59.97	40.03
50	0.30	550.00	18.97	78.93	21.07
100	0.15	365.00	12.59	91.52	8.48
CAZOLETA		246.00	8.48	100.00	0.00
M.F		2.94			

Gráfica 18: Ensayo N° 3 (Curva de la granulometría del agregado fino).

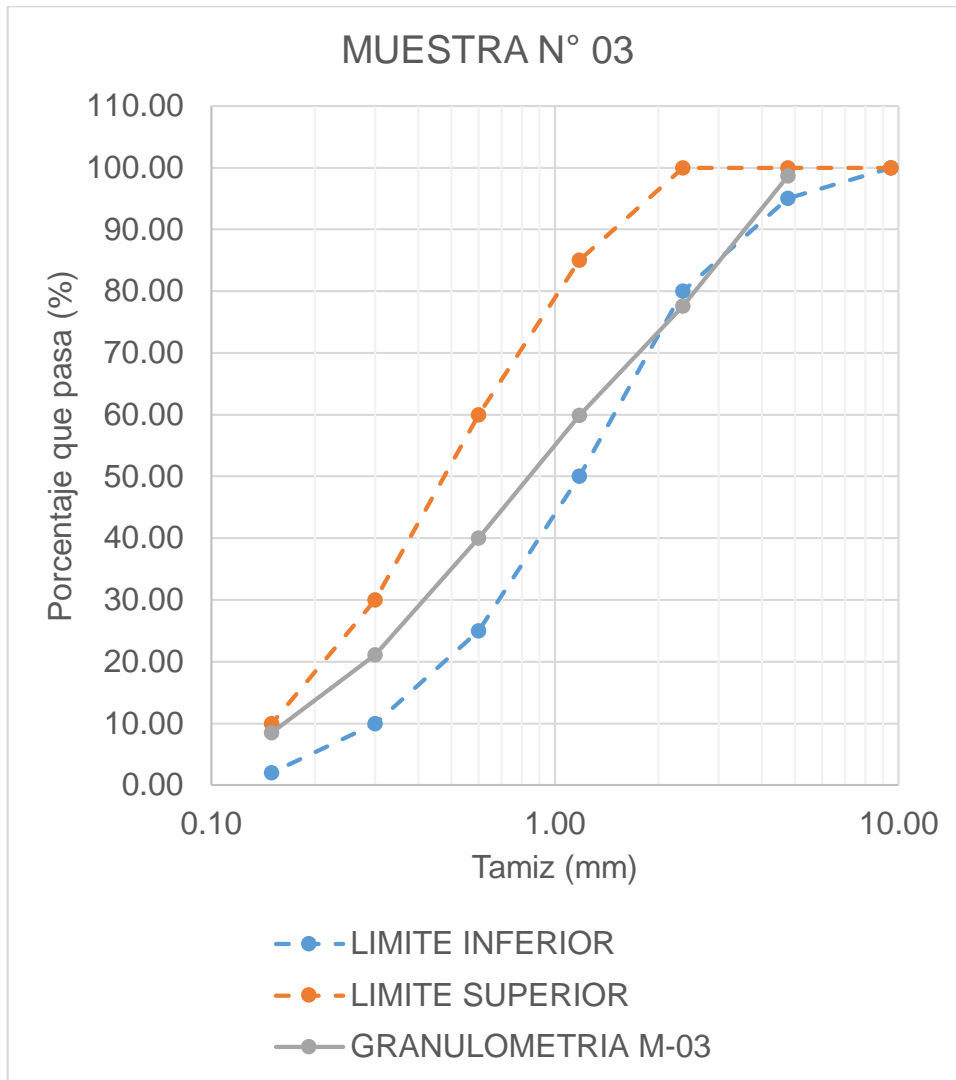


Tabla 31: Peso específico de masa.

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			PROMEDIO
	M-01	M-02	M-03	
Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	493.50	495.10	493.10	--
Volumen de la fiola (cm ³)	500.00	500.00	500.00	--
Peso o volumen del agua añadida de la fiola (cm ³ o g)	309.10	312.10	308.70	--
Peso específico de masa (g/cm ³)	2.59	2.63	2.58	2.60

Tabla 32: Peso específico de masa saturada con superficie seca.

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			PROMEDIO
	M-01	M-02	M-03	
Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	493.50	495.10	493.10	--
Volumen de la fiola (cm ³)	500.00	500.00	500.00	--
Peso o volumen del agua añadida de la fiola (cm ³ o g)	309.10	312.10	308.70	--
Peso esp. de masa saturada con sup. Seca (g/cm ³)	2.62	2.66	2.61	2.63

Tabla 33: Peso específico aparente.

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			PROMEDIO
	M-01	M-02	M-03	
Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	493.50	495.10	493.10	--
Volumen de la fiola (cm ³)	500.00	500.00	500.00	--
Peso o volumen del agua añadida de la fiola (cm ³ o g)	309.10	312.10	308.70	--
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.68	2.71	2.67	2.69

Tabla 34: Absorción.

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			PROMEDIO
	M-01	M-02	M-03	
Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	493.50	495.10	493.10	--
Volumen de la fiola (cm ³)	500.00	500.00	500.00	--
Peso o volumen del agua añadida de la fiola (cm ³ o g)	309.10	312.10	308.70	--
Absorción (%)	1.32	0.99	1.40	1.24

Tabla 35: Peso unitario compactado.

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			PROMEDIO
	M-01	M-02	M-03	
Peso del molde (g)	3810.00	3810.00	3810.00	--
Peso del molde + muestra (g)	9125.00	9135.00	9105.00	--
Peso de la muestra (g)	5315.00	5325.00	5295.00	--
Peso del agua (g)	2930.00	2930.00	2930.00	--
Factor del agua (f)	0.34	0.34	0.34	--
Peso unitario compactado (kg/m3)	1813.99	1817.41	1807.17	1812.86


Tabla 36: Peso unitario suelto seco.

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			PROMEDIO
	M-01	M-02	M-03	
Peso del molde (g)	3810.00	3810.00	3810.00	--
Peso del molde + muestra (g)	8640.00	8540.00	8625.00	--
Peso de la muestra (g)	4830.00	4730.00	4815.00	--
Peso del agua (g)	2930.00	2930.00	2930.00	--
Factor del agua (f)	0.34	0.34	0.34	--
Peso unitario compactado (kg/m3)	1648.46	1614.33	1643.34	1635.38

Tabla 37: Contenido de humedad.

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			PROMEDIO
	M-01	M-02	M-03	
Peso de la tara (g)	270.50	196.90	120.20	--
Peso de la muestra humeda + tara (g)	543.20	510.10	385.20	--
Peso de la muestra seca + tara (g)	532.90	498.30	375.80	--
Peso del agua (g)	10.30	11.80	9.40	--
Peso de la muestra seca (g)	262.40	301.40	255.60	--
Contenido de humedad (%)	3.93	3.92	3.68	3.84

7.3. FICHAS TÉCNICAS PARA LA INVESTIGACIÓN y CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO.

 Pocasmayo	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CEMENTO TIPO I	P-CC-EST-08 Versión 19 / 03 de setiembre de 2018 Página 1/1
	Control de Calidad	

Descripción: El Cemento Portland TIPO I es un producto que se obtiene mediante la pulverización conjunta de clinker, yeso y en ocasiones caliza en pequeñas proporciones. El clinker es un mineral artificial y esta compuesto esencialmente de silicatos de calcio producidos a partir de materiales calcáreos y correctores de sílice, alúmina y hierro en un proceso efectuado a temperaturas cercanas a los 1450°C. Este tipo de cemento sigue los requisitos de la Norma Técnica Peruana 334.009 y de la ASTM C 150. Es un cemento de uso general, para proyectos que no requieran propiedades especiales.

Ensayos	Requisitos			Normas de Referencia	Normas de Ensayo
REQUERIMIENTOS QUIMICOS					
MgO	Máximo	6.0	%	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C114 NTF 334.086
SO ₃	Máximo	3.0	%	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C114 NTF 334.086
Pérdida por Ignición	Máximo	3.5	%	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C114 NTF 334.086
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C114 NTF 334.086
REQUERIMIENTOS FISICOS					
Contenido de Aire	Máximo	12	%	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C185 NTF 334.048
Finura, Superficie Especifica	Mínimo	2.600	cm ² /g	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C 204 NTF 334.002
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C 151 NTF 334.004
Resistencia a la Compresión					
a) Resistencia compresión a 1 día (*)	Mínimo	12.0 (1,740)	MPa (psi)	n/a	ASTM C 109 NTF 334.051
b) Resistencia compresión a 3 días	Mínimo	12.0 (1,740)	MPa (psi)	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C 109 NTF 334.051
c) Resistencia compresión a 7 días	Mínimo	19.0 (2,760)	MPa (psi)	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C 109 NTF 334.051
d) Resistencia compresión a 28 días	Mínimo	28.0 (4,060)	MPa (psi)	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C 109 NTF 334.051
Tiempo de Fraguado Vicat					
a) Fraguado Inicial	Mínimo	45	minutos	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C 191 NTF 334.006
b) Fraguado Final	Máximo	375	minutos	ASTM C150 NTF 334.009	ASTM C 191 NTF 334.006
REQUERIMIENTOS DE PESOS NETOS					
Peso unitario (Neto)	Mínimo	41.65	kg	ASTM C 150 NTF 334.009	n/a
Peso promedio por lotes ≥ 50 bolsas (Neto)	Mínimo	42.50	kg	ASTM C 150 NTF 334.009	n/a

Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Victor Milla Analista de Aseguramiento de la Calidad	Ing. Gabriel Mansilla Superintendente de Aseguramiento de la Calidad e Investigación y Desarrollo	Ing. Hugo Villanueva Castillo Gerente Central de Operaciones

(*) Requisito interno impuesto por la compañía.



CHEMA FUME

Aditivo mineral, microsílíce sin densificar

V.012010

DESCRIPCIÓN CHEMA FUME es un aditivo mineral en polvo compuesto por sílice en estado cristalino (microsílíce) que reacciona químicamente con el hidróxido de calcio del cemento para formar silicatos hidratados. De modo que se obtienen morteros y concretos de elevadas resistencias mecánicas, baja permeabilidad y mayor durabilidad. CHEMA FUME cumple con la especificación ASTM C1240.

- VENTAJAS**
- Aumento de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.
 - Disminuye el porcentaje de vacíos aumentando la impermeabilidad.
 - Forma compuestos hidratados, disminuyendo la exudación y aumentando la cohesión.
 - Mejor resistencia a agentes químicos externos (cloruros, carbonatos, sulfatos).
 - Mejora el desempeño de la mezcla cementicia.
 - Mayor vida útil de la estructura.

- USOS**
- Elaboración de concretos y morteros de alta resistencia.
 - Elaboración de concretos y morteros para minería (*shotcrete*).
 - Elaboración de concretos de baja permeabilidad y alta durabilidad.
 - Estructuras marinas, puertos, túneles, puentes, represas.

DATOS TÉCNICOS

Aspecto:	Polvo
Color:	Gris
Cristalografía:	Sólido amorfo
Densidad:	2.35g/cm ³
Retenido sobre malla 50µm [Nº 325 ASTM]:	3.7%
Superficie específica BET:	24 m ² /g
Índice de actividad puzolánica, 7 días:	142%
Pérdidas por ignición:	9.4%
Contenido de sílice, SiO ₂ :	96.6%
Expansión autoclave:	-0.036%

- PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO**
1. Adicionar CHEMA FUME de la misma forma que es dosificado el cemento, en la planta de premezclado o en el *mixer*, según lo especificado en la norma ASTM C94.

RENDIMIENTO La dosis de CHEMA FUME es entre 5 a 15% del peso de cemento. Debido a la formación del gel de silicato de calcio hidratado, se presentará un consumo adicional de agua, por lo que se debe considerar el uso de CHEMA SÚPERPLAST en su mezcla.

PRESENTACIÓN Envase de 22.7Kg. (Código: 71100974)



Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA FUME

Aditivo mineral, microsílíce sin densificar

V.012016

ALMACENAMIENTO De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 12 meses.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

- En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).
- Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
- No comer ni beber mientras manipula el producto.
- Lavarse las manos luego de manipular el producto.
- Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.
- Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.
- En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua.
- Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

CETOX
CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.S.
273-2316 / 990012933

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 2 de 2



Calidad que Construye

CHEMA FIBRA ULTRAFINA

Fibra de polipropileno para refuerzo tridimensional en morteros y concretos, reductor de rajaduras

ADI.2.9.1
RMP - V.0

DESCRIPCIÓN

Las fibras sintéticas **CHEMA FIBRA ULTRAFINA** corresponden a una nueva generación de micro fibras de polipropileno para refuerzo secundario de concreto. Esta tecnología única combina un diámetro ultra fino y ultra alta resistencia.

Literalmente, cientos de millones de filamentos de las Fibras Sintéticas **CHEMA FIBRA ULTRAFINA** están en un metro cúbico de concreto, creando una red tridimensional extremadamente densa en el concreto. Esta red, constituida por filamentos de alta resistencia a la tensión y alto modulo, inhiben el agrietamiento del concreto a un nivel microscópico.

La habilidad de las fibras **CHEMA FIBRA ULTRAFINA** de reducir el agrietamiento en las primeras 24 horas después de colocado el concreto, permiten una dramática reducción de la dosis recomendada, cuando se compara con otras fibras monofilamento del mercado.

VENTAJAS

- Excelente acabado.
- Distribución uniforme en la matriz.
- Virtualmente invisible en el concreto.
- Cuando se mezcla según la norma de ASTM C94, las fibras siempre están en la posición adecuada.
- Reduce la formación de grietas por contracción plástica, agrietamiento plástico y grietas por asentamiento en el concreto (ICCES 32) y migración de agua en exudación.
- Incrementa la resistencia al impacto (ASTM C544), la resistencia a facturación (ASTM C496) y abrasión (durabilidad de la superficie).
- Reduce la permeabilidad.
- Reduce el astillamiento causado por la explosión del concreto expuesto a fuego.

USOS

- En losas de concreto.
- En elementos pre fabricados de concreto.
- En tarrajes para evitar fisuramiento superficial.
- En cualquier estructura de concreto o elemento de concreto donde se requiera evitar fisuras superficiales.

DATOS TÉCNICOS

Material	: Polipropileno Virgen 100%
Diseño	: Monofilamento
Diámetro	: 12 Micrones (+1/-3 Micrones)
Color	: Natural
Gravedad Especifica	: 0.91 gr/cm ³
Humedad	: < 2%
Área de Superficie Especifica	: 370 m ² /Kg / 1.790 ft ² /lb
Punto de Fusión	: 160°C / 320°F
Módulo de Elasticidad	: 5.5 GPA / 800 ksi
Tenacidad	: 8.5 cN/dtex/765 MPa/110 KSI
Resistencia a la Tensión	: 110 ksi (765 MPa)
Punto de Ignición	: 590°C / 1094°F
Conductividad Térmica y Eléctrica	: Baja
Elongación a la Ruptura	: < 25%
Absorción de Agua	: Cero
Resistencia Química y Alcalina	: Excelente



Calidad que Construye

CHEMA FIBRA ULTRAFINA

Fibra de polipropileno para refuerzo tridimensional en morteros y concretos, reductor de rajaduras

ADI 2.9.1
RMP - V.0

Lubricación : < 15%
Longitudes de Cortes de Fibras Disponibles : ½" (12 mm) y ¾"(19 mm) y combinaciones

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	1. Se agrega una bolsa hidrosoluble de 300 gr directamente al mixer por cada m ³ de concreto o mortero antes, durante o después de que la mezcla de concreto este lista. Se recomienda seguir los procedimientos de mezcla especificados en ASTM C94.
RENDIMIENTO	Una bolsa de 300 gr por m ³ de concreto, mortero o según recomendación del proyectista.
PRESENTACIÓN	Envase de 300 gr (Código: 27003404)
ALMACENAMIENTO	De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 5 años.
PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES	<p>En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico). Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños. No comer ni beber mientras manipula el producto. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua. Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.</p>

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería



EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

CONSTANCIA:

Que el joven JAVIER AQUINO RAFAÉL, Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis Titulada "DISEÑO DE MORTERO CON ADICIÓN DE MICROSILICE Y MICROFIBRA DE POLIPROPILENO PARA DIFERENTES USOS EN EL CAMPO DE INGENIERIA CIVIL". Dichos ensayos se realizaron del 5 de febrero al 27 de abril del 2018.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 5 de diciembre de 2018.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería
M. Cs. Ing. José Luis Marchena Araujo
DIRECTOR

7.4. DISEÑO DEL MORTERO

7.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Propiedades del agregado

Peso específico de masa	2.60	g/cm ³
Peso específico saturado superficial seca	2.63	g/cm ³
Peso específico aparente	2.69	g/cm ³
Peso unitario suelto seco	1635.38	Kg/m ³
Peso unitario compactado seco	1812.86	Kg/m ³
Humedad natural	3.84	%
Absorción	1.24	%
Módulo de finura	2.91	-

Cemento

$$P.e = 3.10 \text{ g/cm}^3$$

Agua

$$P.e = 1.00 \text{ g/cm}^3$$

Microsilice

$$P.e = 2.20 \text{ g/cm}^3$$

Microfibra de polipropileno

$$P.e = 0.91 \text{ g/cm}^3$$

7.4.2. MORTERO PATRÓN PROPORCIÓN 1:4.

1) Características del mortero

Proporción:

1: 4

Relación A/C:

0.74

2) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 185.26 kg

Agua = 31.45 lt

3) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino = 0.0713 m³

Agua = 0.0315 m³

0.1164 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001164 m³

Total = 0.1176 m³

4) Factor cemento.

f.c = 8.50 bolsas

5) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 361.40 kg

A. fino = 1575.35 kg

Agua = 267.43 lt

6) Corregidos por humedad

Cemento = 361.40 kg

A. fino = 1635.83 kg

Agua = 226.41 lt

7.4.3. MORTERO PROPORCIÓN 1:4 CON 5 % MICROSILICE.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 185.26 kg

Microsilice= 2.13 kg

Agua = 31.45 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino= 0.0713 m³

Microsilice= 0.0010 m³

Agua= 0.0315 m³

0.1174 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001174 m³

Total = 0.1186 m³

3) Factor cemento

f.c = 8.43 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 358.42 kg

A. fino = 1562.39 kg

Microsilice= 17.92 kg

Agua = 265.23 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 358.42 kg

A. fino = 1622.37 kg

Microsilice= 17.92 kg

Agua = 224.55 lt

7.4.4. MORTERO PROPORCIÓN 1:4 CON 100 g/m³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 185.26 kg

Agua = 31.45 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino= 0.0713 m³

Agua= 0.0315 m³

0.1164 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001164 m³

Total = 0.1176 m³

3) Factor cemento

f.c = 8.50 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 361.40 kg

A. fino = 1575.35 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 267.43 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 361.40 kg

A. fino = 1635.83 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 226.41 lt

7.4.5. MORTERO PROPORCIÓN 1:4 CON 5 % MICROSILICE Y 100 g/m³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 185.26 kg

Microsilice= 2.13 kg

Agua = 31.45 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino= 0.0713 m³

Microsilice= 0.0010 m³

Agua= 0.0315 m³

0.1174 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001174 m³

Total = 0.1186 m³

3) Factor cemento

f.c = 8.43 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 358.42 kg

A. fino = 1562.39 kg

Microsilice= 17.92 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 265.23 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 358.42 kg

A. fino = 1622.37 kg

Microsilice= 17.92 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 224.55 lt

7.4.6. MORTERO PATRÓN PROPORCIÓN 1:5.

1) Características del mortero

Proporción:

1: 5

Relación A/C:

0.87

2) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 231.57 kg

Agua = 36.98 lt

3) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino= 0.0891 m³

Agua= 0.0370 m³

0.1398 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001398 m³

Total = 0.1412 m³

4) Factor cemento

f.c = 7.08 bolsas

5) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 301.04 kg

A. fino = 1640.32 kg

Agua = 261.91 lt

6) Corregidos por humedad

Cemento = 301.04 kg

A. fino = 1703.30 kg

Agua = 219.19 lt

7.4.7. MORTERO PROPORCIÓN 1:5 CON 5 % MICROSILICE.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 231.57 kg

Microsilice = 2.13 kg

Agua = 36.98 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino = 0.0891 m³

Microsilice = 0.0010 m³

Agua = 0.0370 m³

0.1407 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001407 m³

Total = 0.1422 m³

3) Factor cemento

f.c = 7.03 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 298.98 kg

A. fino = 1629.06 kg

Microsilice= 14.95 kg

Agua = 260.11 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 298.98 kg

A. fino = 1691.61 kg

Microsilice= 14.95 kg

Agua = 217.69 lt

7.4.8. MORTERO PROPORCIÓN 1:5 CON 100 g/m³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 231.57 kg

Agua = 36.98 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino= 0.0891 m³

Agua= 0.0370 m³

0.1398 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001398 m³

Total = 0.1412 m³

3) Factor cemento

f.c = 7.08 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 301.04 kg

A. fino = 1640.32 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 261.91 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 301.04 kg

A. fino = 1703.30 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 219.19 lt

7.4.9. MORTERO PROPORCIÓN 1:5 CON 5 % MICROSILICE Y 100 g/m³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 231.57 kg

Microsilice = 2.13 kg

Agua = 36.98 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino = 0.0891 m³

Microsilice = 0.0010 m³

Agua = 0.0370 m³

0.1407 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001407 m³

Total = 0.1422 m³

3) Factor cemento

f.c = 7.03 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 298.98 kg

A. fino = 1629.06 kg

Microsilice= 14.95 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 260.11 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 298.98 kg

A. fino = 1691.61 kg

Microsilice= 14.95 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 217.69 lt

7.4.10. MORTERO PATRÓN PROPORCIÓN 1:6.

1) Características del mortero

Proporción:

1: 6

Relación A/C:

1.04

2) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 277.89 kg

Agua = 44.20 lt

3) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino = 0.1069 m³

Agua = 0.0442 m³

0.1648 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001648 m³

Total = 0.1665 m³

4) Factor cemento

f.c = 6.01 bolsas

5) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 255.30 kg

A. fino = 1669.30 kg

Agua = 265.51 lt

6) Corregidos por humedad

Cemento = 255.30 kg

A. fino = 1733.39 kg

Agua = 222.04 lt

7.4.11. MORTERO PROPORCIÓN 1:6 CON 5 % MICROSILICE.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 277.89 kg

Microsilice= 2.13 kg

Agua = 44.20 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino= 0.1069 m³

Microsilice= 0.0010 m³

Agua= 0.0442 m³

0.1658 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001658 m³

Total = 0.1674 m³

3) Factor cemento

f.c = 5.97 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 253.81 kg

A. fino = 1659.58 kg

Microsilice= 12.69 kg

Agua = 263.97 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 253.81 kg

A. fino = 1723.29 kg

Microsilice= 12.69 kg

Agua = 220.75 lt

7.4.12. MORTERO PROPORCIÓN 1:6 CON 100 g/m³ MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 277.89 kg

Agua = 44.20 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino = 0.1069 m³

Agua = 0.0442 m³

0.1648 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001648 m³

Total = 0.1665 m³

3) Factor cemento

f.c = 6.01 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 255.30 kg

A. fino = 1669.30 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 265.51 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento = 255.30 kg

A. fino = 1733.39 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 222.04 lt

**7.4.13. MORTERO PROPORCIÓN 1:6 CON 5 % MICROSILICE Y 100 g/m³
MICROFIBRA DE POLIPROPILENO.**

1) Dosificación del mortero

Pesos secos de los materiales

Cemento = 42.50 kg

A. fino = 277.89 kg

Microsilice= 2.13 kg

Agua = 44.20 lt

2) Volumen absoluto de los materiales

Cemento = 0.0137 m³

A. fino= 0.1069 m³

Microsilice= 0.0010 m³

Agua= 0.0442 m³

0.1658 m³

Aire atrapado (1%) = 0.001658 m³

Total = 0.1674 m³

3) Factor cemento

f.c = 5.97 bolsas

4) Cantidad de materiales por m³ de mortero

Cemento = 253.81 kg

A. fino = 1659.58 kg

Microsilice= 12.69 kg

Fibra = 0.100 kg

Agua = 263.97 lt

5) Corregidos por humedad

Cemento =	253.81 kg	
A. fino =	1723.29	kg
Microsilice=	12.69	kg
Fibra =	0.100	kg
Agua =	220.75 lt	

7.5. PESO UNITARIO DEL MORTERO ENDURECIDO

Tabla 38: Peso unitario del mortero patrón proporción 1:4.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Patrón (kg/m ³)
01	5.05	0.285	0.0001	2212.95
02	5.20	0.299	0.0001	2126.48
03	5.16	0.302	0.0001	2198.15
04	5.19	0.296	0.0001	2117.34
05	5.03	0.292	0.0001	2294.45
06	5.06	0.287	0.0001	2215.29
Promedio				2194.11

Tabla 39: Peso unitario del mortero con 5% microsilice proporción 1:4.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Microsilice (kg/m ³)
01	5.11	0.285	0.0001	2135.91
02	5.14	0.293	0.0001	2157.64
03	5.19	0.292	0.0001	2088.72
04	5.12	0.289	0.0001	2153.22
05	5.01	0.290	0.0001	2306.14
06	5.09	0.298	0.0001	2259.76
Promedio				2183.56

Tabla 40: Peso unitario del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Fibra (kg/m ³)
01	5.02	0.290	0.0001	2292.38
02	5.23	0.299	0.0001	2090.10
03	5.21	0.297	0.0001	2100.12
04	5.19	0.297	0.0001	2124.49
05	5.11	0.293	0.0001	2195.86
06	5.09	0.295	0.0001	2237.01
Promedio				2173.33

Tabla 41: Peso unitario del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Comb. (kg/m ³)
01	5.06	0.293	0.0001	2261.60
02	5.17	0.294	0.0001	2127.53
03	5.19	0.298	0.0001	2131.64
04	5.07	0.299	0.0001	2294.28
05	5.11	0.295	0.0001	2210.85
06	5.20	0.297	0.0001	2112.26
Promedio				2189.69

Tabla 42: Peso unitario del mortero patrón proporción 1:5.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Patrón (kg/m ³)
01	4.97	0.292	0.0001	2378.56
02	5.04	0.295	0.0001	2304.25
03	5.09	0.291	0.0001	2206.68
04	5.24	0.298	0.0001	2071.20
05	5.30	0.296	0.0001	1988.22
06	5.15	0.296	0.0001	2167.06
Promedio				2185.99

Tabla 43: Peso unitario del mortero con 5% microsilice proporción 1:5.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Microsilice (kg/m ³)
01	5.03	0.292	0.0001	2294.45
02	5.20	0.297	0.0001	2112.26
03	5.22	0.295	0.0001	2074.01
04	5.06	0.290	0.0001	2238.45
05	5.09	0.288	0.0001	2183.93
06	5.17	0.293	0.0001	2120.29
Promedio				2170.56

Tabla 44: Peso unitario del mortero con 100 g/m³ microfibra de polipropileno proporción 1:5.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Microfibra (kg/m ³)
01	5.03	0.278	0.0001	2184.44
02	5.00	0.272	0.0001	2176.00
03	5.10	0.284	0.0001	2140.96
04	5.09	0.282	0.0001	2138.43
05	4.99	0.270	0.0001	2173.01
06	4.97	0.273	0.0001	2223.79
Promedio				2172.77

Tabla 45: Peso unitario del mortero con 5% microsilice y 100 g/m³ microfibra de polipropileno proporción 1:5.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Comb. (kg/m ³)
01	4.99	0.276	0.0001	2221.30
02	4.99	0.278	0.0001	2237.40
03	5.01	0.281	0.0001	2234.57
04	5.21	0.293	0.0001	2071.83
05	5.09	0.286	0.0001	2168.77
06	5.12	0.284	0.0001	2115.96
Promedio				2174.97

Tabla 46: Peso unitario del mortero patrón proporción 1:6.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Patrón (kg/m ³)
01	5.05	0.271	0.0001	2104.24
02	5.00	0.273	0.0001	2184.00
03	5.12	0.282	0.0001	2101.06
04	5.09	0.286	0.0001	2168.77
05	5.03	0.272	0.0001	2137.30
06	5.00	0.277	0.0001	2216.00
Promedio				2151.89

Tabla 47: Peso unitario del mortero con 5% microsilice proporción 1:6.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Microsilice (kg/m ³)
01	5.04	0.288	0.0001	2249.58
02	5.12	0.285	0.0001	2123.42
03	5.09	0.292	0.0001	2214.26
04	5.06	0.287	0.0001	2215.29
05	5.23	0.290	0.0001	2027.18
06	5.17	0.285	0.0001	2062.40
Promedio				2148.69

Tabla 48: Peso unitario del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Microfibras (kg/m ³)
01	5.06	0.290	0.0001	2238.45
02	5.17	0.298	0.0001	2156.48
03	5.21	0.291	0.0001	2057.69
04	5.17	0.295	0.0001	2134.77
05	5.19	0.295	0.0001	2110.18
06	5.13	0.291	0.0001	2155.46
Promedio				2142.17

Tabla 49: Peso unitario del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibrá de polipropileno proporci3n 1:6.

N°	Lado (cm)	Peso (kg)	Vol. (m ³)	P.U. mortero seco
				Comb. (kg/m ³)
01	5.08	0.285	0.0001	2173.97
02	5.02	0.281	0.0001	2221.24
03	5.17	0.280	0.0001	2026.22
04	5.00	0.275	0.0001	2200.00
05	5.19	0.283	0.0001	2024.34
06	5.00	0.280	0.0001	2240.00
Promedio				2147.63

7.6. RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESI3N

Tabla 50: Ensayo a compresi3n del mortero patr3n proporci3n 1:4 a los 7 d3as.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESI3N					
Proporci3n:		1:4	Edad:		7 d3as
cemento:	cemento tipo I		Adici3n:		-
F. elab.	11/09/2018		F. rotura		18/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.12	26.21	37.70	3844.34	146.65
MP-02	5.10	26.01	35.53	3623.07	139.30
MP-03	5.20	27.04	34.90	3558.82	131.61
MP-04	5.14	26.42	35.40	3609.81	136.63
MP-05	5.00	25.00	37.56	3830.07	153.20
MP-06	5.18	26.83	36.21	3692.41	137.61
Promedio	5.12	26.25	36.22	3693.09	140.83

Tabla 51: Ensayo a compresi3n del mortero patr3n proporci3n 1:4 a los 14 d3as.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESI3N					
Proporci3n:		1:4	Edad:		14 d3as
cemento:	cemento tipo I		Adici3n:		-
F. elab.	11/09/2018		F. rotura		25/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.08	25.81	44.30	4517.36	175.05
MP-02	5.11	26.11	45.09	4597.92	176.08
MP-03	5.00	25.00	43.95	4481.67	179.27
MP-04	5.13	26.32	43.79	4465.35	169.68
MP-05	5.21	27.14	44.92	4580.58	168.75
MP-06	5.02	25.20	44.52	4539.79	180.15
Promedio	5.09	25.93	44.43	4530.45	174.83

Tabla 52: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:	1:4		Edad:	28 días	
cemento:	cemento tipo I		Adición:	-	
F. elab.	11/09/2018		F. rotura	09/10/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.05	25.50	54.00	5506.49	215.92
MP-02	5.20	27.04	52.13	5315.80	196.59
MP-03	5.16	26.63	53.30	5435.11	204.13
MP-04	5.19	26.94	52.06	5308.66	197.08
MP-05	5.03	25.30	54.40	5547.28	219.25
MP-06	5.06	25.60	54.32	5539.12	216.34
Promedio	5.12	26.17	53.37	5442.08	208.22

Tabla 53: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:	1:4		Edad:	7 días	
cemento:	cemento tipo I		Adición:	Microsílíce	
F. elab.	13/09/2018		F. rotura	20/09/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.09	25.91	37.98	3872.90	149.49
MP-02	5.13	26.32	39.93	4071.74	154.72
MP-03	5.00	25.00	37.09	3782.14	151.29
MP-04	5.07	25.70	38.24	3899.41	151.70
MP-05	5.01	25.10	39.04	3980.99	158.60
MP-06	5.15	26.52	38.99	3975.89	149.91
Promedio	5.08	25.76	38.55	3930.51	152.62

Tabla 54: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:4	Edad:		14 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		27/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.13	26.32	48.14	4908.93	186.53
MP-02	5.22	27.25	46.30	4721.30	173.27
MP-03	5.08	25.81	48.18	4913.01	190.38
MP-04	5.18	26.83	47.98	4892.62	182.34
MP-05	5.05	25.50	46.45	4736.60	185.73
MP-06	5.21	27.14	47.00	4792.68	176.56
Promedio	5.15	26.48	47.34	4827.52	182.47

Tabla 55: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:4	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		11/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.11	26.11	54.58	5565.63	213.14
MP-02	5.14	26.42	56.39	5750.20	217.65
MP-03	5.19	26.94	55.23	5631.91	209.08
MP-04	5.12	26.21	58.74	5989.84	228.49
MP-05	5.01	25.10	55.99	5709.41	227.47
MP-06	5.09	25.91	58.04	5918.45	228.44
Promedio	5.11	26.12	56.50	5760.91	220.71

Tabla 56: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		7 días	
cemento:		cemento tipo I		Adición:		Microfibra	
F. elab.		17/09/2018		F. rotura		24/09/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)		
			kN	kg			
MP-01	5.02	25.20	37.74	3848.42	152.71		
MP-02	5.07	25.70	40.13	4092.14	159.20		
MP-03	5.14	26.42	38.32	3907.57	147.90		
MP-04	5.11	26.11	36.99	3771.94	144.45		
MP-05	5.05	25.50	38.05	3880.03	152.14		
MP-06	5.21	27.14	38.08	3883.09	143.05		
Promedio	5.10	26.01	38.22	3897.20	149.91		

Tabla 57: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		14 días	
cemento:		cemento tipo I		Adición:		Microfibra	
F. elab.		17/09/2018		F. rotura		01/10/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)		
			kN	kg			
MP-01	5.02	25.20	48.19	4914.03	195.00		
MP-02	5.16	26.63	47.21	4814.10	180.81		
MP-03	5.21	27.14	46.42	4733.54	174.39		
MP-04	5.12	26.21	45.32	4621.37	176.29		
MP-05	5.04	25.40	46.02	4692.75	184.74		
MP-06	5.01	25.10	46.21	4712.13	187.73		
Promedio	5.09	25.95	46.56	4747.99	183.16		

Tabla 58: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:4	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microfibra
F. elab.	17/09/2018		F. rotura		15/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.02	25.20	53.14	5418.79	215.03
MP-02	5.23	27.35	55.31	5640.07	206.20
MP-03	5.21	27.14	54.20	5526.88	203.61
MP-04	5.19	26.94	56.42	5753.26	213.59
MP-05	5.11	26.11	53.00	5404.52	206.97
MP-06	5.09	25.91	55.97	5707.37	220.29
Promedio	5.14	26.44	54.67	5575.15	210.95

Tabla 59: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:4	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce y Microfibra
F. elab.	19/09/2018		F. rotura		26/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.05	25.50	41.66	4248.15	166.58
MP-02	5.09	25.91	43.41	4426.60	170.86
MP-03	5.18	26.83	41.98	4280.78	159.54
MP-04	5.15	26.52	42.61	4345.03	163.82
MP-05	5.04	25.40	41.67	4249.17	167.28
MP-06	5.12	26.21	40.20	4099.27	156.37
Promedio	5.11	26.06	41.92	4274.84	164.08

Tabla 60: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibrá de polipropileno proporcióñ 1:4 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
Proporcióñ:		1:4		Edad:		14 días	
cemento:		cemento tipo I		Adicióñ:		Microsílíce y Microfibrá	
F. elab.		19/09/2018		F. rotura		03/10/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)		
			kN	kg			
MP-01	5.00	25.00	49.37	5034.36	201.37		
MP-02	5.13	26.32	48.90	4986.43	189.48		
MP-03	5.21	27.14	50.00	5098.60	187.83		
MP-04	5.16	26.63	47.80	4874.26	183.07		
MP-05	5.19	26.94	49.08	5004.79	185.80		
MP-06	5.07	25.70	48.67	4962.98	193.08		
Promedio	5.13	26.29	48.97	4993.57	190.10		

Tabla 61: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibrá de polipropileno proporcióñ 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
Proporcióñ:		1:4		Edad:		28 días	
cemento:		cemento tipo I		Adicióñ:		Microsílíce y Microfibrá	
F. elab.		19/09/2018		F. rotura		17/10/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)		
			kN	kg			
MP-01	5.06	25.60	57.70	5883.78	229.80		
MP-02	5.17	26.73	55.61	5670.66	212.15		
MP-03	5.19	26.94	59.99	6117.30	227.10		
MP-04	5.07	25.70	57.28	5840.96	227.23		
MP-05	5.11	26.11	56.00	5710.43	218.69		
MP-06	5.20	27.04	58.87	6003.09	222.01		
Promedio	5.13	26.35	57.58	5871.04	222.83		

Tabla 62: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:	1:5		Edad:	7 días	
cemento:	cemento tipo I		Adición:	-	
F. elab.	11/09/2018		F. rotura	18/09/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	4.99	24.90	27.06	2759.36	110.82
MP-02	5.02	25.20	29.24	2981.66	118.32
MP-03	4.98	24.80	30.00	3059.16	123.35
MP-04	5.10	26.01	28.82	2938.83	112.99
MP-05	5.04	25.40	30.31	3090.77	121.68
MP-06	5.07	25.70	29.96	3055.08	118.85
Promedio	5.03	25.34	29.23	2980.81	117.67

Tabla 63: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:	1:5		Edad:	14 días	
cemento:	cemento tipo I		Adición:	-	
F. elab.	11/09/2018		F. rotura	25/09/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.03	25.30	38.73	3949.38	156.10
MP-02	5.00	25.00	38.36	3911.65	156.47
MP-03	4.96	24.60	37.00	3772.96	153.36
MP-04	4.99	24.90	39.89	4067.66	163.36
MP-05	5.00	25.00	38.79	3955.49	158.22
MP-06	5.11	26.11	39.00	3976.91	152.30
Promedio	5.02	25.15	38.63	3939.01	156.63

Tabla 64: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		-
F. elab.	11/09/2018		F. rotura		09/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	4.97	24.70	44.59	4546.93	184.08
MP-02	5.04	25.40	46.33	4724.36	185.99
MP-03	5.09	25.91	45.90	4680.51	180.66
MP-04	5.24	27.46	44.40	4527.56	164.89
MP-05	5.30	28.09	45.56	4645.84	165.39
MP-06	5.15	26.52	45.21	4610.15	173.82
Promedio	5.13	26.35	45.33	4622.56	175.80

Tabla 65: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		20/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.02	25.20	31.57	3219.26	127.75
MP-02	5.08	25.81	30.56	3116.26	120.76
MP-03	5.17	26.73	32.76	3340.60	124.98
MP-04	5.21	27.14	30.00	3059.16	112.70
MP-05	5.14	26.42	31.99	3262.08	123.47
MP-06	5.00	25.00	32.79	3343.66	133.75
Promedio	5.10	26.05	31.61	3223.50	123.90

Tabla 66: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		14 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		27/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	4.99	24.90	45.47	4636.67	186.21
MP-02	5.05	25.50	42.98	4382.76	171.86
MP-03	4.99	24.90	45.00	4588.74	184.29
MP-04	5.11	26.11	43.08	4392.95	168.23
MP-05	5.08	25.81	44.00	4486.77	173.86
MP-06	5.04	25.40	42.96	4380.72	172.46
Promedio	5.04	25.44	43.92	4478.10	176.15

Tabla 67: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		11/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.03	25.30	49.25	5022.12	198.50
MP-02	5.20	27.04	48.00	4894.66	181.02
MP-03	5.22	27.25	47.98	4892.62	179.56
MP-04	5.06	25.60	49.97	5095.54	199.02
MP-05	5.09	25.91	48.81	4977.25	192.11
MP-06	5.17	26.73	47.00	4792.68	179.31
Promedio	5.13	26.30	48.50	4945.81	188.25

Tabla 68: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microfibra
F. elab.	17/09/2018		F. rotura		24/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.00	25.00	30.59	3119.32	124.77
MP-02	5.00	25.00	32.00	3263.10	130.52
MP-03	5.00	25.00	31.99	3262.08	130.48
MP-04	5.01	25.10	30.00	3059.16	121.88
MP-05	4.97	24.70	32.09	3272.28	132.48
MP-06	5.05	25.50	31.00	3161.13	123.95
Promedio	5.01	25.05	31.28	3189.51	127.35

Tabla 69: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		14 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microfibra
F. elab.	17/09/2018		F. rotura		01/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.21	27.14	41.23	4204.31	154.89
MP-02	5.09	25.91	39.87	4065.62	156.92
MP-03	5.00	25.00	40.00	4078.88	163.16
MP-04	5.00	25.00	38.99	3975.89	159.04
MP-05	4.99	24.90	40.21	4100.29	164.67
MP-06	4.89	23.91	41.02	4182.89	174.93
Promedio	5.03	25.31	40.22	4101.31	162.27

Tabla 70: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microfibra
F. elab.	17/09/2018		F. rotura		15/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.03	25.30	43.02	4386.84	173.39
MP-02	5.00	25.00	45.09	4597.92	183.92
MP-03	5.10	26.01	45.00	4588.74	176.42
MP-04	5.09	25.91	43.03	4387.86	169.36
MP-05	4.99	24.90	42.00	4282.82	172.00
MP-06	4.97	24.70	45.00	4588.74	185.77
Promedio	5.03	25.30	43.86	4472.15	176.81

Tabla 71: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:5	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce y Microfibra
F. elab.	19/09/2018		F. rotura		26/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.03	25.30	30.75	3135.64	123.93
MP-02	5.14	26.42	29.87	3045.90	115.29
MP-03	5.20	27.04	31.09	3170.31	117.25
MP-04	5.06	25.60	32.99	3364.06	131.39
MP-05	5.09	25.91	30.00	3059.16	118.08
MP-06	4.98	24.80	29.98	3057.12	123.27
Promedio	5.08	25.85	30.78	3138.70	121.53

Tabla 72: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		14 días	
cemento:		cemento tipo I		Adición:		Microsilice y Microfibra	
F. elab.		19/09/2018		F. rotura		03/10/2018	
N°	Lado (cm)	Area (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)		
			kN	kg			
MP-01	5.02	25.20	41.33	4214.50	167.24		
MP-02	5.09	25.91	42.81	4365.42	168.50		
MP-03	4.97	24.70	41.00	4180.85	169.26		
MP-04	5.02	25.20	43.99	4485.75	178.00		
MP-05	5.00	25.00	44.00	4486.77	179.47		
MP-06	5.00	25.00	43.61	4447.00	177.88		
Promedio	5.02	25.17	42.79	4363.38	173.39		

Tabla 73: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		28 días	
cemento:		cemento tipo I		Adición:		Microsilice y Microfibra	
F. elab.		19/09/2018		F. rotura		17/10/2018	
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)		
			kN	kg			
MP-01	4.99	24.90	45.09	4597.92	184.65		
MP-02	4.99	24.90	46.21	4712.13	189.24		
MP-03	5.01	25.10	46.74	4766.17	189.89		
MP-04	5.21	27.14	45.00	4588.74	169.05		
MP-05	5.09	25.91	45.99	4689.90	181.02		
MP-06	5.12	26.21	46.00	4690.71	178.94		
Promedio	5.07	25.69	45.84	4674.26	182.13		

Tabla 74: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		-
F. elab.	11/09/2018		F. rotura		18/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.05	25.50	22.85	2330.06	91.37
MP-02	5.01	25.10	23.04	2349.43	93.60
MP-03	5.20	27.04	22.10	2253.58	83.34
MP-04	5.09	25.91	21.65	2207.69	85.21
MP-05	5.00	25.00	23.99	2446.31	97.85
MP-06	5.07	25.70	22.00	2243.38	87.27
Promedio	5.07	25.71	22.61	2305.08	89.78

Tabla 75: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		14 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		-
F. elab.	11/09/2018		F. rotura		25/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.16	26.63	30.73	3133.60	117.69
MP-02	5.03	25.30	29.76	3034.69	119.94
MP-03	5.09	25.91	28.05	2860.31	110.40
MP-04	5.18	26.83	30.09	3068.34	114.35
MP-05	5.21	27.14	29.90	3048.96	112.33
MP-06	5.01	25.10	30.00	3059.16	121.88
Promedio	5.11	26.15	29.76	3034.18	116.10

Tabla 76: Ensayo a compresión del mortero patrón proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		-
F. elab.	11/09/2018		F. rotura		09/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.05	25.50	33.02	3367.12	132.03
MP-02	5.00	25.00	32.75	3339.58	133.58
MP-03	5.12	26.21	32.88	3352.84	127.90
MP-04	5.09	25.91	33.00	3365.08	129.89
MP-05	5.03	25.30	31.18	3179.49	125.67
MP-06	5.00	25.00	32.00	3263.10	130.52
Promedio	5.05	25.49	32.47	3311.20	129.93

Tabla 77: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		20/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.02	25.20	24.15	2462.62	97.72
MP-02	5.00	25.00	23.97	2444.27	97.77
MP-03	5.09	25.91	24.00	2447.33	94.46
MP-04	5.03	25.30	25.00	2549.30	100.76
MP-05	5.13	26.32	23.79	2425.91	92.18
MP-06	5.20	27.04	24.67	2515.65	93.03
Promedio	5.08	25.79	24.26	2474.18	95.99

Tabla 78: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		14 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		27/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.00	25.00	30.54	3114.22	124.57
MP-02	5.07	25.70	31.79	3241.69	126.11
MP-03	5.13	26.32	30.00	3059.16	116.24
MP-04	5.20	27.04	32.14	3277.38	121.20
MP-05	5.23	27.35	29.97	3056.10	111.73
MP-06	5.19	26.94	32.00	3263.10	121.14
Promedio	5.14	26.39	31.07	3168.61	120.17

Tabla 79: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsílíce
F. elab.	13/09/2018		F. rotura		11/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.04	25.40	35.63	3633.26	143.03
MP-02	5.12	26.21	37.00	3772.96	143.93
MP-03	5.09	25.91	35.07	3576.16	138.03
MP-04	5.06	25.60	37.00	3772.96	147.36
MP-05	5.23	27.35	36.58	3730.14	136.37
MP-06	5.17	26.73	35.96	3666.91	137.19
Promedio	5.12	26.20	36.21	3692.07	140.99

Tabla 80: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microfibra
F. elab.	17/09/2018		F. rotura		24/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.04	25.40	24.59	2507.49	98.71
MP-02	5.09	25.91	24.00	2447.33	94.46
MP-03	5.17	26.73	22.04	2247.46	84.08
MP-04	5.13	26.32	23.27	2372.89	90.17
MP-05	5.03	25.30	23.99	2446.31	96.69
MP-06	5.18	26.83	24.68	2516.67	93.79
Promedio	5.11	26.08	23.76	2423.02	92.98

Tabla 81: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		14 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microfibra
F. elab.	17/09/2018		F. rotura		01/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.00	25.00	29.82	3040.81	121.63
MP-02	5.09	25.91	29.49	3007.15	116.07
MP-03	5.00	25.00	30.74	3134.62	125.38
MP-04	5.20	27.04	29.00	2957.19	109.36
MP-05	5.16	26.63	30.68	3128.50	117.50
MP-06	5.21	27.14	29.95	3054.06	112.51
Promedio	5.11	26.12	29.95	3053.72	117.08

Tabla 82: Ensayo a compresión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microfibras
F. elab.	17/09/2018		F. rotura		15/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.06	25.60	34.81	3549.65	138.64
MP-02	5.17	26.73	35.00	3569.02	133.53
MP-03	5.21	27.14	34.59	3527.21	129.94
MP-04	5.17	26.73	33.98	3465.01	129.64
MP-05	5.19	26.94	35.04	3573.10	132.65
MP-06	5.13	26.32	34.78	3546.59	134.76
Promedio	5.16	26.58	34.70	3538.43	133.19

Tabla 83: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		7 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsilice y Microfibras
F. elab.	19/09/2018		F. rotura		26/09/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.07	25.70	25.80	2630.88	102.35
MP-02	5.00	25.00	24.99	2548.28	101.93
MP-03	5.00	25.00	25.05	2554.40	102.18
MP-04	5.00	25.00	24.59	2507.49	100.30
MP-05	5.13	26.32	23.99	2446.31	92.96
MP-06	5.19	26.94	25.00	2549.30	94.64
Promedio	5.07	25.66	24.90	2539.44	99.06

Tabla 84: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		14 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsilice y Microfibra
F. elab.	19/09/2018		F. rotura		03/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.23	27.35	31.56	3218.24	117.66
MP-02	5.19	26.94	33.00	3365.08	124.93
MP-03	5.15	26.52	32.79	3343.66	126.07
MP-04	5.13	26.32	33.61	3427.28	130.23
MP-05	5.11	26.11	30.06	3065.28	117.39
MP-06	5.20	27.04	32.79	3343.66	123.66
Promedio	5.17	26.71	32.30	3293.87	123.32

Tabla 85: Ensayo a compresión del mortero con 5% microsilice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
Proporción:		1:6	Edad:		28 días
cemento:	cemento tipo I		Adición:		Microsilice y Microfibra
F. elab.	19/09/2018		F. rotura		17/10/2018
N°	Lado (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (kg/cm ²)
			kN	kg	
MP-01	5.08	25.81	34.90	3558.82	137.90
MP-02	5.02	25.20	35.04	3573.10	141.79
MP-03	5.17	26.73	36.27	3698.52	138.37
MP-04	5.00	25.00	34.59	3527.21	141.09
MP-05	5.19	26.94	36.00	3670.99	136.29
MP-06	5.00	25.00	34.89	3557.80	142.31
Promedio	5.08	25.78	35.28	3597.74	139.62

7.7. RESULTADOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN.

Tabla 86: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:4 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:4			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	18/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.00	16.02	64.08	2.18	222.30	610.40	61.80
MP-02	4.13	16.20	66.91	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-03	4.20	16.02	67.28	2.19	223.32	613.20	62.08
MP-04	4.05	16.08	65.12	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-05	4.12	16.12	66.41	2.18	222.30	610.40	61.80
MP-06	4.07	16.21	65.97	2.19	223.32	613.20	62.08
Promedio	4.10	16.11	65.96	2.19	223.32	613.20	62.08

Tabla 87: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:4 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:4			Edad:	14 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	25/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.02	16.01	64.36	2.30	234.54	644.00	65.20
MP-02	4.16	16.23	67.52	2.31	235.56	646.80	65.48
MP-03	4.19	16.09	67.42	2.30	234.54	644.00	65.20
MP-04	4.07	16.05	65.32	2.32	236.58	649.60	65.77
MP-05	4.16	16.17	67.27	2.32	236.58	649.60	65.77
MP-06	4.05	16.20	65.61	2.31	235.56	646.80	65.48
Promedio	4.11	16.13	66.25	2.31	235.56	646.80	65.48

Tabla 88: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:4			Edad:	28 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	09/10/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.06	16.01	65.00	2.35	239.63	658.00	66.62
MP-02	4.11	16.00	65.76	2.38	242.69	666.40	67.47
MP-03	4.21	16.03	67.49	2.36	240.65	660.80	66.90
MP-04	4.16	16.09	66.93	2.36	240.65	660.80	66.90
MP-05	4.13	16.19	66.86	2.35	239.63	658.00	66.62
MP-06	4.01	16.09	64.52	2.37	241.67	663.60	67.19
Promedio	4.11	16.07	66.09	2.36	240.82	661.27	66.95

Tabla 89: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:4			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microsílíce		
F. elab.	13/09/2018			F. rotura	20/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.10	16.02	65.68	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-02	4.16	16.20	67.39	2.24	228.42	627.20	63.50
MP-03	4.17	16.02	66.80	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-04	4.17	16.08	67.05	2.23	227.40	624.40	63.22
MP-05	4.02	16.12	64.80	2.22	226.38	621.60	62.93
MP-06	4.09	16.21	66.30	2.21	225.36	618.80	62.65
Promedio	4.12	16.11	66.34	2.23	226.89	623.00	63.07

Tabla 90: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:4			Edad:	14 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microsílíce		
F. elab.	13/09/2018			F. rotura	27/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.10	16.00	65.60	2.45	249.83	686.00	69.45
MP-02	4.00	16.04	64.16	2.46	250.85	688.80	69.74
MP-03	4.18	16.10	67.30	2.45	249.83	686.00	69.45
MP-04	4.07	16.19	65.89	2.47	251.87	691.60	70.02
MP-05	4.11	16.09	66.13	2.45	249.83	686.00	69.45
MP-06	4.02	16.00	64.32	2.46	250.85	688.80	69.74
Promedio	4.08	16.07	65.57	2.46	250.51	687.87	69.64

Tabla 91: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:4			Edad:	28 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microsílíce		
F. elab.	13/09/2018			F. rotura	11/10/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.15	16.05	66.61	2.49	253.91	697.20	70.59
MP-02	4.21	16.13	67.91	2.47	251.87	691.60	70.02
MP-03	4.02	16.00	64.32	2.48	252.89	694.40	70.30
MP-04	4.08	16.07	65.57	2.50	254.93	700.00	70.87
MP-05	4.10	16.19	66.38	2.49	253.91	697.20	70.59
MP-06	4.06	16.00	64.96	2.50	254.93	700.00	70.87
Promedio	4.10	16.07	65.96	2.49	253.74	696.73	70.54

Tabla 92: Ensayo a flexión el mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		7 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microfibra	
F. elab.	17/09/2018			F. rotura		24/09/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.00	16.01	64.04	2.24	228.42	627.20	63.50
MP-02	4.09	16.09	65.81	2.24	228.42	627.20	63.50
MP-03	4.02	16.05	64.52	2.26	230.46	632.80	64.07
MP-04	4.13	16.20	66.91	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-05	4.19	16.10	67.46	2.24	228.42	627.20	63.50
MP-06	4.07	16.19	65.89	2.25	229.44	630.00	63.78
Promedio	4.08	16.11	65.77	2.25	229.10	629.07	63.69

Tabla 93: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microfibra	
F. elab.	17/09/2018			F. rotura		01/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.04	16.01	64.68	2.44	248.81	683.20	69.17
MP-02	4.12	16.15	66.54	2.44	248.81	683.20	69.17
MP-03	4.27	16.05	68.53	2.43	247.79	680.40	68.89
MP-04	4.19	16.14	67.63	2.43	247.79	680.40	68.89
MP-05	4.00	16.12	64.48	2.41	245.75	674.80	68.32
MP-06	4.06	16.12	65.45	2.44	248.81	683.20	69.17
Promedio	4.11	16.10	66.22	2.43	247.96	680.87	68.93

Tabla 94: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		28 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microfibra	
F. elab.	17/09/2018			F. rotura		15/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.22	16.00	67.52	2.47	251.87	691.60	70.02
MP-02	4.13	16.00	66.08	2.48	252.89	694.40	70.30
MP-03	4.07	16.12	65.61	2.47	251.87	691.60	70.02
MP-04	4.00	16.06	64.24	2.49	253.91	697.20	70.59
MP-05	4.09	16.01	65.48	2.49	253.91	697.20	70.59
MP-06	4.01	16.17	64.84	2.48	252.89	694.40	70.30
Promedio	4.09	16.06	65.63	2.48	252.89	694.40	70.30

Tabla 95: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:4 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		7 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce y Microfibra	
F. elab.	19/09/2018			F. rotura		26/09/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.21	16.03	67.49	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-02	4.01	16.00	64.16	2.26	230.46	632.80	64.07
MP-03	4.16	16.00	66.56	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-04	4.04	16.02	64.72	2.27	231.48	635.60	64.35
MP-05	4.09	16.18	66.18	2.26	230.46	632.80	64.07
MP-06	4.15	16.13	66.94	2.25	229.44	630.00	63.78
Promedio	4.11	16.06	66.01	2.26	230.12	631.87	63.97

Tabla 96: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce y Microfibrá	
F. elab.	19/09/2018			F. rotura		03/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.20	16.05	67.41	2.42	246.77	677.60	68.60
MP-02	4.01	16.08	64.51	2.40	244.73	672.00	68.04
MP-03	4.13	16.01	66.12	2.43	247.79	680.40	68.89
MP-04	4.16	16.14	67.14	2.41	245.75	674.80	68.32
MP-05	4.22	16.11	67.98	2.41	245.75	674.80	68.32
MP-06	4.02	16.03	64.44	2.42	246.77	677.60	68.60
Promedio	4.12	16.07	66.27	2.42	246.26	676.20	68.46

Tabla 97: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibrá de polipropileno proporción 1:4 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:4		Edad:		28 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce y Microfibrá	
F. elab.	19/09/2018			F. rotura		17/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.03	16.03	64.60	2.49	253.91	697.20	70.59
MP-02	4.14	16.01	66.29	2.49	253.91	697.20	70.59
MP-03	4.19	16.13	67.58	2.48	252.89	694.40	70.30
MP-04	4.10	16.15	66.22	2.49	253.91	697.20	70.59
MP-05	4.12	16.11	66.37	2.50	254.93	700.00	70.87
MP-06	4.09	16.17	66.14	2.49	253.91	697.20	70.59
Promedio	4.11	16.10	66.20	2.49	253.91	697.20	70.59

Tabla 98: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:5			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	18/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.01	16.02	64.24	1.97	200.88	551.60	55.85
MP-02	4.02	16.00	64.32	1.98	201.90	554.40	56.13
MP-03	4.02	16.02	64.40	1.97	200.88	551.60	55.85
MP-04	4.00	16.13	64.52	1.98	201.90	554.40	56.13
MP-05	4.21	16.00	67.36	1.99	202.92	557.20	56.41
MP-06	4.10	16.00	65.60	1.97	200.88	551.60	55.85
Promedio	4.06	16.03	65.07	1.98	201.56	553.47	56.03

Tabla 99: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:5			Edad:	14 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	25/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.00	16.01	64.04	2.19	223.32	613.20	62.08
MP-02	4.00	16.13	64.52	2.18	222.30	610.40	61.80
MP-03	4.00	16.00	64.00	2.15	219.24	602.00	60.95
MP-04	4.02	16.00	64.32	2.18	222.30	610.40	61.80
MP-05	4.01	16.20	64.96	2.17	221.28	607.60	61.52
MP-06	4.10	16.05	65.81	2.19	223.32	613.20	62.08
Promedio	4.02	16.07	64.61	2.18	221.96	609.47	61.70

Tabla 100: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:5			Edad:	28 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	09/10/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.02	16.00	64.32	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-02	4.05	16.00	64.80	2.23	227.40	624.40	63.22
MP-03	4.12	16.12	66.41	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-04	4.21	16.24	68.37	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-05	4.09	16.19	66.22	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-06	4.00	15.99	63.96	2.24	228.42	627.20	63.50
Promedio	4.08	16.09	65.68	2.24	228.08	626.27	63.41

Tabla 101: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:5			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microsilice		
F. elab.	13/09/2018			F. rotura	20/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.01	16.14	64.72	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-02	4.00	16.02	64.08	2.19	223.32	613.20	62.08
MP-03	4.00	16.02	64.08	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-04	4.12	16.00	65.92	2.18	222.30	610.40	61.80
MP-05	4.16	16.00	66.56	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-06	4.00	16.00	64.00	2.19	223.32	613.20	62.08
Promedio	4.05	16.03	64.89	2.19	223.66	614.13	62.18

Tabla 102: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce	
F. elab.	13/09/2018			F. rotura		27/09/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.05	16.02	64.88	2.28	232.50	638.40	64.63
MP-02	4.12	16.13	66.46	2.27	231.48	635.60	64.35
MP-03	4.00	16.17	64.68	2.29	233.52	641.20	64.92
MP-04	4.00	16.20	64.80	2.29	233.52	641.20	64.92
MP-05	4.07	16.21	65.97	2.27	231.48	635.60	64.35
MP-06	4.02	16.21	65.16	2.27	231.48	635.60	64.35
Promedio	4.04	16.16	65.33	2.28	232.33	637.93	64.59

Tabla 103: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		28 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce	
F. elab.	13/09/2018			F. rotura		11/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.05	16.10	65.21	2.31	235.56	646.80	65.48
MP-02	4.02	16.03	64.44	2.30	234.54	644.00	65.20
MP-03	4.10	16.09	65.97	2.29	233.52	641.20	64.92
MP-04	4.02	16.05	64.52	2.30	234.54	644.00	65.20
MP-05	4.10	16.09	65.97	2.31	235.56	646.80	65.48
MP-06	4.08	16.16	65.93	2.30	234.54	644.00	65.20
Promedio	4.06	16.09	65.34	2.30	234.71	644.47	65.25

Tabla 104: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		7 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microfibra	
F. elab.	17/09/2018			F. rotura		24/09/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.12	16.09	66.29	1.99	202.92	557.20	56.41
MP-02	4.15	16.03	66.52	2.00	203.94	560.00	56.70
MP-03	4.07	16.06	65.36	1.99	202.92	557.20	56.41
MP-04	4.00	16.12	64.48	2.01	204.96	562.80	56.98
MP-05	4.00	16.19	64.76	2.00	203.94	560.00	56.70
MP-06	4.20	16.08	67.54	1.98	201.90	554.40	56.13
Promedio	4.09	16.10	65.83	2.00	203.43	558.60	56.55

Tabla 105: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microfibra	
F. elab.	17/09/2018			F. rotura		01/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.02	16.02	64.40	2.18	222.30	610.40	61.80
MP-02	4.09	16.09	65.81	2.17	221.28	607.60	61.52
MP-03	4.05	16.03	64.92	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-04	4.00	16.00	64.00	2.17	221.28	607.60	61.52
MP-05	4.19	16.07	67.33	2.21	225.36	618.80	62.65
MP-06	4.07	16.20	65.93	2.17	221.28	607.60	61.52
Promedio	4.07	16.07	65.40	2.18	222.64	611.33	61.89

Tabla 106: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:5			Edad:	28 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microfibra		
F. elab.	17/09/2018			F. rotura	15/10/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.00	16.09	64.36	2.26	230.46	632.80	64.07
MP-02	4.20	16.04	67.37	2.27	231.48	635.60	64.35
MP-03	4.09	16.00	65.44	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-04	4.10	16.23	66.54	2.27	231.48	635.60	64.35
MP-05	4.08	16.15	65.89	2.27	231.48	635.60	64.35
MP-06	4.05	16.03	64.92	2.25	229.44	630.00	63.78
Promedio	4.09	16.09	65.75	2.26	230.63	633.27	64.11

Tabla 107: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:5 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:5			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microsílíce y Microfibra		
F. elab.	19/09/2018			F. rotura	26/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.05	16.09	65.16	2.19	223.32	613.20	62.08
MP-02	4.09	16.02	65.52	2.19	223.32	613.20	62.08
MP-03	4.20	16.06	67.45	2.17	221.28	607.60	61.52
MP-04	4.00	16.09	64.36	2.18	222.30	610.40	61.80
MP-05	4.20	16.14	67.79	2.20	224.34	616.00	62.37
MP-06	4.09	16.10	65.85	2.18	222.30	610.40	61.80
Promedio	4.11	16.08	66.02	2.19	222.81	611.80	61.94

Tabla 108: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibrá de polipropileno proporción 1:5 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce y Microfibrá	
F. elab.	19/09/2018			F. rotura		03/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.00	16.00	64.00	2.23	227.40	624.40	63.22
MP-02	4.00	16.00	64.00	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-03	4.09	16.06	65.69	2.23	227.40	624.40	63.22
MP-04	4.12	16.09	66.29	2.24	228.42	627.20	63.50
MP-05	4.09	16.18	66.18	2.25	229.44	630.00	63.78
MP-06	4.00	16.03	64.12	2.22	226.38	621.60	62.93
Promedio	4.05	16.06	65.05	2.24	228.08	626.27	63.41

Tabla 109: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibrá de polipropileno proporción 1:5 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:5		Edad:		28 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce y Microfibrá	
F. elab.	19/09/2018			F. rotura		17/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.06	16.05	65.16	2.29	233.52	641.20	64.92
MP-02	4.15	16.09	66.77	2.28	232.50	638.40	64.63
MP-03	4.14	16.05	66.45	2.30	234.54	644.00	65.20
MP-04	4.21	16.04	67.53	2.28	232.50	638.40	64.63
MP-05	4.17	16.09	67.10	2.29	233.52	641.20	64.92
MP-06	4.13	16.00	66.08	2.28	232.50	638.40	64.63
Promedio	4.14	16.05	66.51	2.29	233.18	640.27	64.82

Tabla 110: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:6			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	18/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.12	16.07	66.21	1.46	148.88	408.80	41.39
MP-02	4.03	16.10	64.88	1.44	146.84	403.20	40.82
MP-03	4.09	16.13	65.97	1.46	148.88	408.80	41.39
MP-04	4.21	16.17	68.08	1.45	147.86	406.00	41.10
MP-05	4.13	16.15	66.70	1.44	146.84	403.20	40.82
MP-06	4.19	16.21	67.92	1.46	148.88	408.80	41.39
Promedio	4.13	16.14	66.63	1.45	148.03	406.47	41.15

Tabla 111: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:6			Edad:	14 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	25/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.00	16.00	64.00	1.51	153.98	422.80	42.81
MP-02	4.00	16.00	64.00	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-03	4.09	16.01	65.48	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-04	4.17	16.09	67.10	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-05	4.20	16.20	68.04	1.51	153.98	422.80	42.81
MP-06	4.08	16.19	66.06	1.53	156.02	428.40	43.37
Promedio	4.09	16.08	65.78	1.52	155.00	425.60	43.09

Tabla 112: Ensayo a flexión del mortero patrón proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:6			Edad:	28 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	-		
F. elab.	11/09/2018			F. rotura	09/10/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.12	16.07	66.21	1.56	159.08	436.80	44.22
MP-02	4.03	16.10	64.88	1.55	158.06	434.00	43.94
MP-03	4.09	16.13	65.97	1.56	159.08	436.80	44.22
MP-04	4.21	16.17	68.08	1.54	157.04	431.20	43.66
MP-05	4.13	16.15	66.70	1.55	158.06	434.00	43.94
MP-06	4.19	16.21	67.92	1.54	157.04	431.20	43.66
Promedio	4.13	16.14	66.63	1.55	158.06	434.00	43.94

Tabla 113: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsilice proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:6			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microsilice		
F. elab.	13/09/2018			F. rotura	20/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga ultima		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.09	16.01	65.48	1.47	149.90	411.60	41.67
MP-02	4.05	16.00	64.80	1.48	150.92	414.40	41.96
MP-03	4.21	16.00	67.36	1.47	149.90	411.60	41.67
MP-04	4.00	16.21	64.84	1.46	148.88	408.80	41.39
MP-05	4.12	16.12	66.41	1.47	149.90	411.60	41.67
MP-06	4.16	16.19	67.35	1.48	150.92	414.40	41.96
Promedio	4.11	16.09	66.04	1.47	150.07	412.07	41.72

Tabla 114: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:6		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce	
F. elab.	13/09/2018			F. rotura		27/09/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.05	16.09	65.16	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-02	4.01	16.03	64.28	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-03	4.00	16.07	64.28	1.54	157.04	431.20	43.66
MP-04	4.12	16.20	66.74	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-05	4.21	16.14	67.95	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-06	4.11	16.11	66.21	1.54	157.04	431.20	43.66
Promedio	4.08	16.11	65.77	1.53	156.02	428.40	43.37

Tabla 115: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:6		Edad:		28 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce	
F. elab.	13/09/2018			F. rotura		11/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.21	16.09	67.74	1.60	163.16	448.00	45.36
MP-02	4.09	16.03	65.56	1.62	165.19	453.60	45.92
MP-03	4.01	16.19	64.92	1.62	165.19	453.60	45.92
MP-04	4.19	16.15	67.67	1.60	163.16	448.00	45.36
MP-05	4.12	16.20	66.74	1.61	164.17	450.80	45.64
MP-06	4.26	16.15	68.80	1.61	164.17	450.80	45.64
Promedio	4.15	16.14	66.91	1.61	164.17	450.80	45.64

Tabla 116: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:6		Edad:		7 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microfibras	
F. elab.	17/09/2018			F. rotura		24/09/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.09	16.01	65.48	1.45	147.86	406.00	41.10
MP-02	4.05	16.00	64.80	1.46	148.88	408.80	41.39
MP-03	4.21	16.00	67.36	1.46	148.88	408.80	41.39
MP-04	4.00	16.21	64.84	1.47	149.90	411.60	41.67
MP-05	4.12	16.12	66.41	1.45	147.86	406.00	41.10
MP-06	4.16	16.19	67.35	1.47	149.90	411.60	41.67
Promedio	4.11	16.09	66.04	1.46	148.88	408.80	41.39

Tabla 117: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:6		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microfibras	
F. elab.	17/09/2018			F. rotura		01/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.09	16.01	65.48	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-02	4.05	16.00	64.80	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-03	4.21	16.00	67.36	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-04	4.00	16.21	64.84	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-05	4.12	16.12	66.41	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-06	4.16	16.19	67.35	1.53	156.02	428.40	43.37
Promedio	4.11	16.09	66.04	1.53	155.51	427.00	43.23

Tabla 118: Ensayo a flexión del mortero con 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:6			Edad:	28 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microfibra		
F. elab.	17/09/2018			F. rotura	15/10/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.09	16.01	65.48	1.62	165.19	453.60	45.92
MP-02	4.05	16.00	64.80	1.62	165.19	453.60	45.92
MP-03	4.21	16.00	67.36	1.64	167.23	459.20	46.49
MP-04	4.00	16.21	64.84	1.62	165.19	453.60	45.92
MP-05	4.12	16.12	66.41	1.63	166.21	456.40	46.21
MP-06	4.16	16.19	67.35	1.63	166.21	456.40	46.21
Promedio	4.11	16.09	66.04	1.63	165.87	455.47	46.11

Tabla 119: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno proporción 1:6 a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:	1:6			Edad:	7 días		
cemento:	cemento tipo I			Adición:	Microsílíce y Microfibra		
F. elab.	19/09/2018			F. rotura	26/09/2018		
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.03	16.17	65.17	1.48	150.92	414.40	41.96
MP-02	4.00	16.20	64.80	1.48	150.92	414.40	41.96
MP-03	4.00	16.06	64.24	1.47	149.90	411.60	41.67
MP-04	4.13	16.09	66.45	1.49	151.94	417.20	42.24
MP-05	4.16	16.21	67.43	1.48	150.92	414.40	41.96
MP-06	4.21	16.18	68.12	1.49	151.94	417.20	42.24
Promedio	4.09	16.15	66.03	1.48	151.09	414.87	42.00

Tabla 120: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:6		Edad:		14 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce y Microfibra	
F. elab.	19/09/2018			F. rotura		03/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.00	16.01	64.04	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-02	4.00	16.02	64.08	1.52	155.00	425.60	43.09
MP-03	4.21	16.01	67.40	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-04	4.15	16.00	66.40	1.53	156.02	428.40	43.37
MP-05	4.19	16.00	67.04	1.54	157.04	431.20	43.66
MP-06	4.20	16.15	67.83	1.54	157.04	431.20	43.66
Promedio	4.13	16.03	66.13	1.53	156.19	428.87	43.42

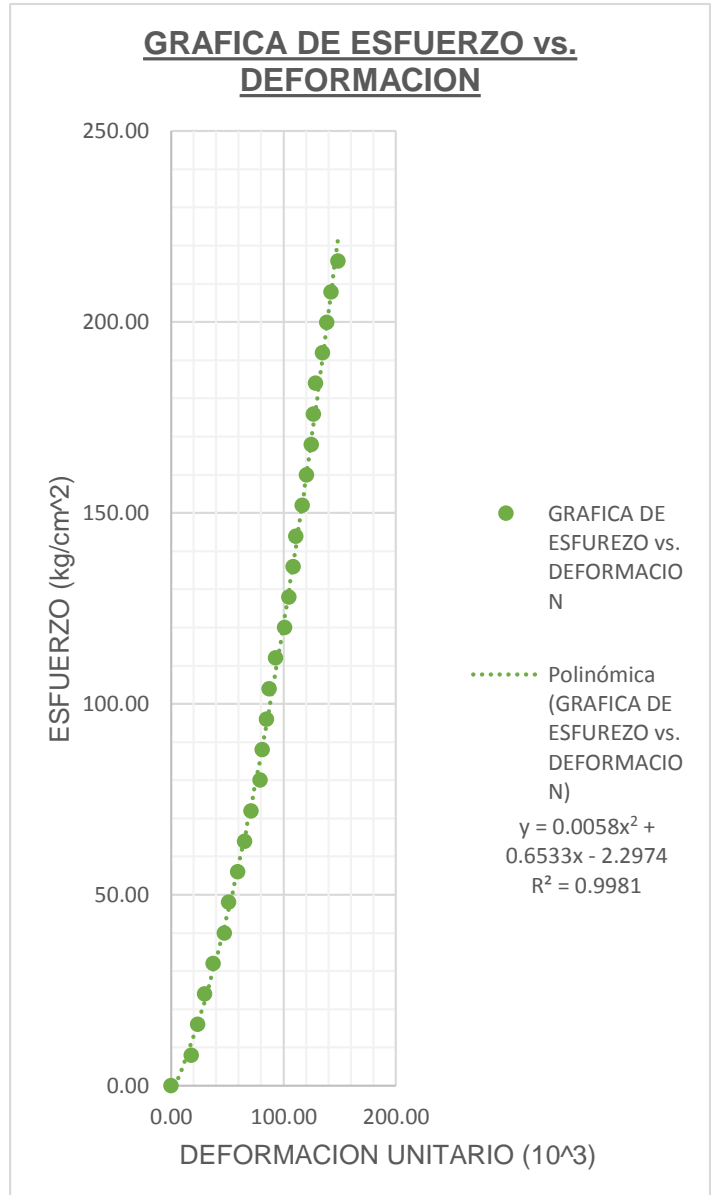
Tabla 121: Ensayo a flexión del mortero con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibra de polipropileno proporción 1:6 a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN							
Proporción:		1:6		Edad:		28 días	
cemento:	cemento tipo I			Adición:		Microsílíce y Microfibra	
F. elab.	19/09/2018			F. rotura		17/10/2018	
N°	Lado (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga última		Esfuerzo (Kpa)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				kN	kg		
MP-01	4.02	16.03	64.44	1.62	165.19	453.60	45.92
MP-02	4.06	16.00	64.96	1.64	167.23	459.20	46.49
MP-03	4.02	16.00	64.32	1.64	167.23	459.20	46.49
MP-04	4.01	16.09	64.52	1.63	166.21	456.40	46.21
MP-05	4.00	16.15	64.60	1.62	165.19	453.60	45.92
MP-06	4.00	16.06	64.24	1.65	168.25	462.00	46.77
Promedio	4.02	16.06	64.51	1.63	166.55	457.33	46.30

7.8. GRÁFICOS DE ESFUERZO COMPRESIÓN vs. DEFORMACIÓN DE LAS PROBETAS DE MORTERO

Gráfica 19: Grafica deformación del mortero patrón proporción 1:4 a los 28 días.

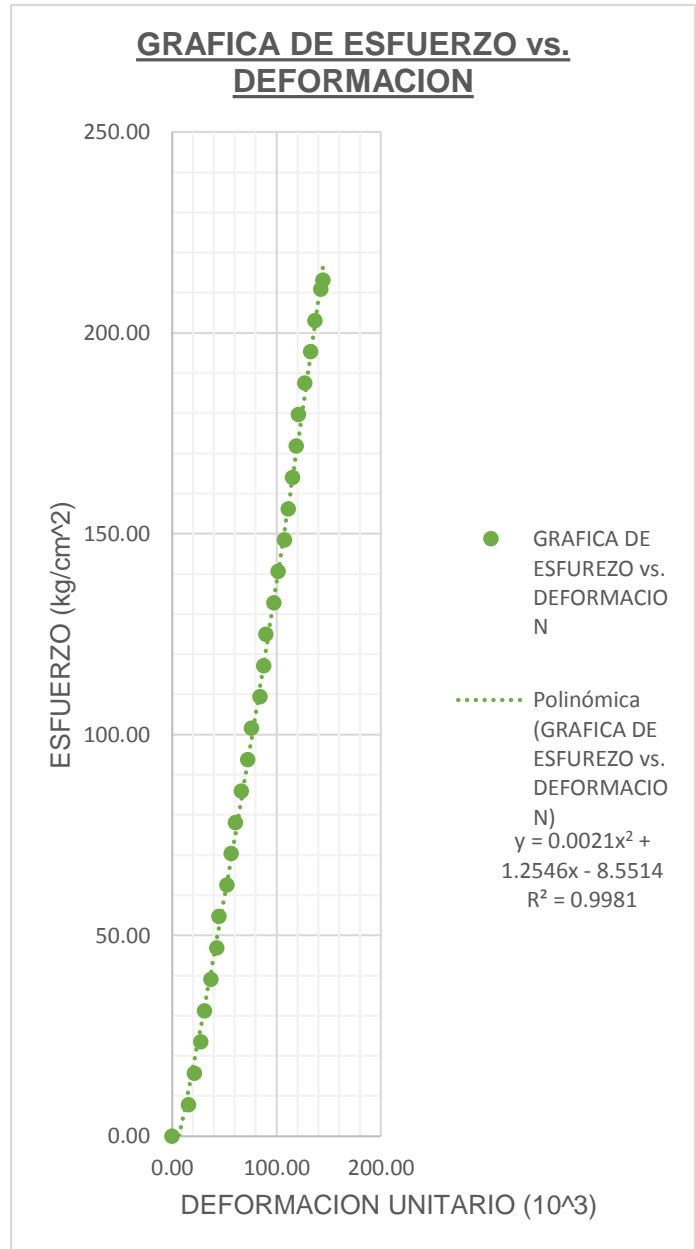
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.09	17.82	8.00
4.00	407.89	0.12	23.76	15.99
6.00	611.83	0.15	29.70	23.99
8.00	815.78	0.19	37.62	31.99
10.00	1019.72	0.24	47.52	39.99
12.00	1223.66	0.26	51.49	47.98
14.00	1427.61	0.30	59.41	55.98
16.00	1631.55	0.33	65.35	63.98
18.00	1835.50	0.36	71.29	71.97
20.00	2039.44	0.40	79.21	79.97
22.00	2243.38	0.41	81.19	87.97
24.00	2447.33	0.43	85.15	95.96
26.00	2651.27	0.44	87.13	103.96
28.00	2855.22	0.47	93.07	111.96
30.00	3059.16	0.51	100.99	119.96
32.00	3263.10	0.53	104.95	127.95
34.00	3467.05	0.55	108.91	135.95
36.00	3670.99	0.56	110.89	143.95
38.00	3874.94	0.59	116.83	151.94
40.00	4078.88	0.61	120.79	159.94
42.00	4282.82	0.63	124.75	167.94
44.00	4486.77	0.64	126.73	175.93
46.00	4690.71	0.65	128.71	183.93
48.00	4894.66	0.68	134.65	191.93
50.00	5098.60	0.70	138.61	199.93
52.00	5302.54	0.72	142.57	207.92
54.00	5506.49	0.75	148.51	215.92



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0058x^2 + 0.6533x - 2.2974$
Def. rot. unitaria (x1000)	148.51
Esf. rotura (kg/cm ²)	215.92
Módulo de elast. (kg/cm ²)	220413.01
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	222.66

Gráfica 20: Grafica deformación del mortero proporción 1:4 con 5% microsíllice a los 28 días.

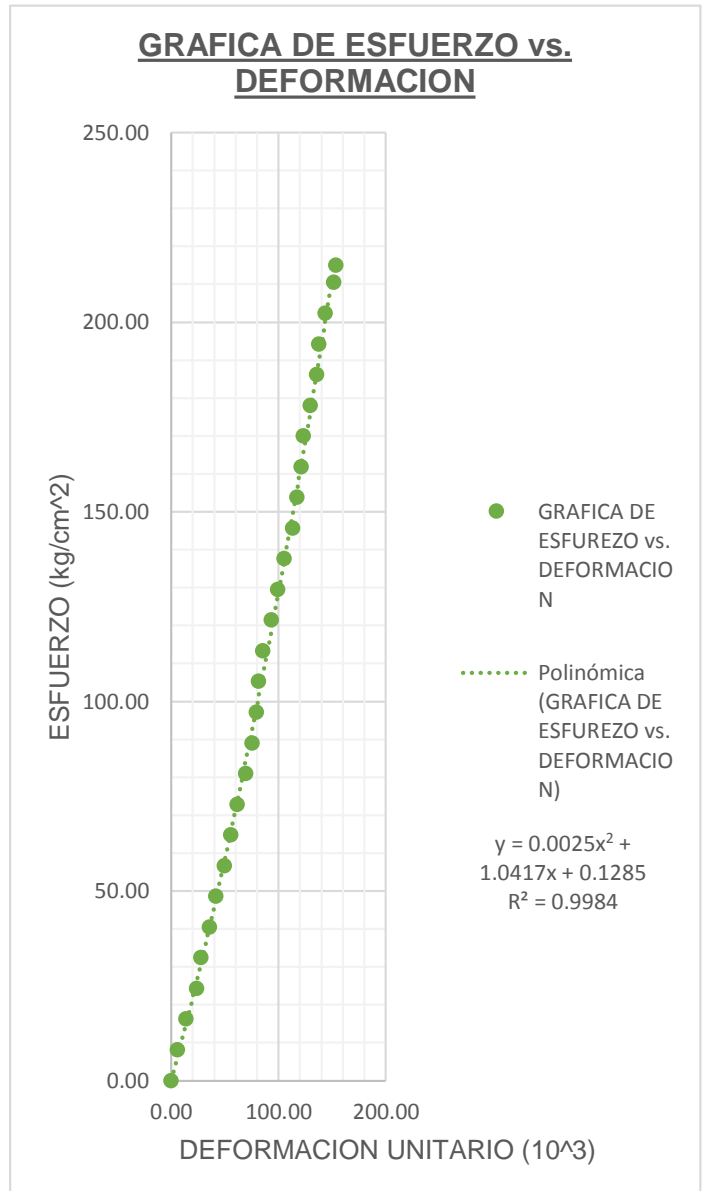
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.08	15.66	7.81
4.00	407.89	0.11	21.53	15.62
6.00	611.83	0.14	27.40	23.43
8.00	815.78	0.16	31.31	31.24
10.00	1019.72	0.19	37.18	39.05
12.00	1223.66	0.22	43.05	46.86
14.00	1427.61	0.23	45.01	54.67
16.00	1631.55	0.27	52.84	62.48
18.00	1835.50	0.29	56.75	70.29
20.00	2039.44	0.31	60.67	78.10
22.00	2243.38	0.34	66.54	85.91
24.00	2447.33	0.37	72.41	93.72
26.00	2651.27	0.39	76.32	101.53
28.00	2855.22	0.43	84.15	109.34
30.00	3059.16	0.45	88.06	117.15
32.00	3263.10	0.46	90.02	124.97
34.00	3467.05	0.50	97.85	132.78
36.00	3670.99	0.52	101.76	140.59
38.00	3874.94	0.55	107.63	148.40
40.00	4078.88	0.57	111.55	156.21
42.00	4282.82	0.59	115.46	164.02
44.00	4486.77	0.61	119.37	171.83
46.00	4690.71	0.62	121.33	179.64
48.00	4894.66	0.65	127.20	187.45
50.00	5098.60	0.68	133.07	195.26
52.00	5302.54	0.70	136.99	203.07
54.00	5506.49	0.73	142.86	210.88
54.58	5565.63	0.74	144.81	213.14



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0021x^2 + 1.2546x - 8.5514$
Def. rot. unitaria (x1000)	144.81
Esf. rotura (kg/cm ²)	213.14
Módulo de elast. (kg/cm ²)	218991.67
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	217.17

Gráfica 21: Grafica deformación del mortero proporción 1:4 con 100 g/m³ microfibra de polipropileno a los 28 días.

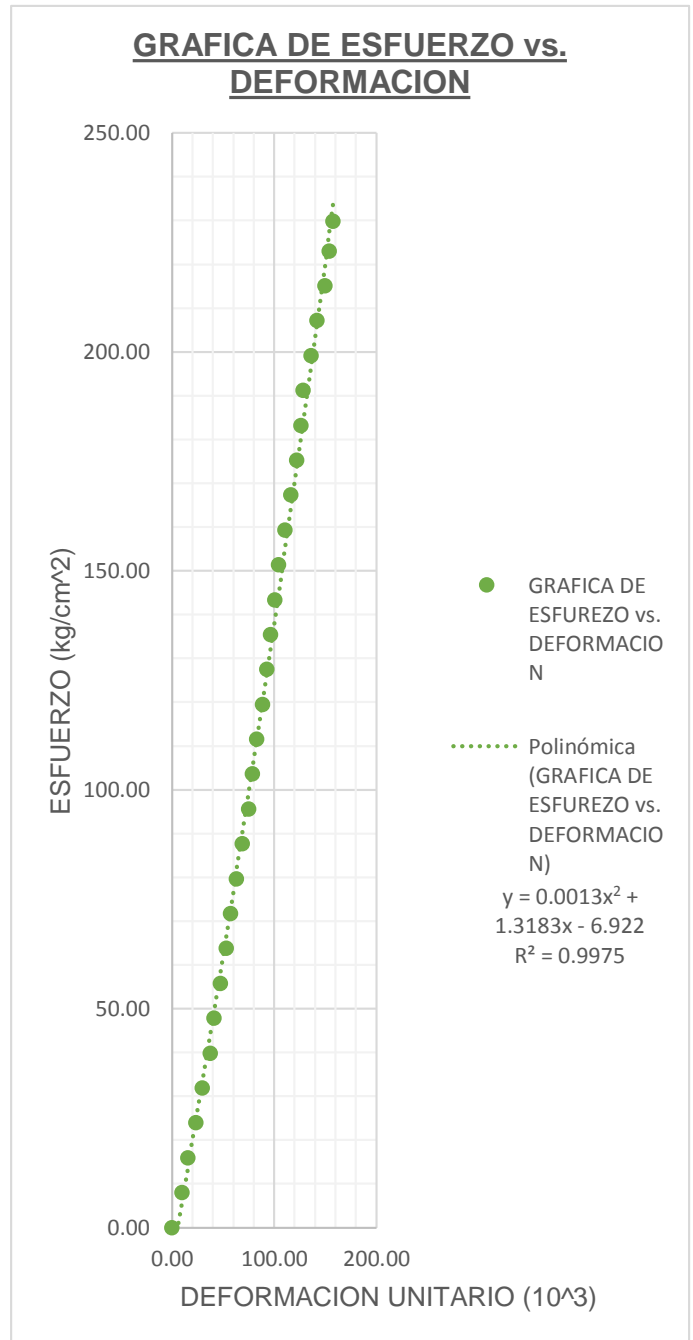
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.03	5.98	8.09
4.00	407.89	0.07	13.94	16.19
6.00	611.83	0.12	23.90	24.28
8.00	815.78	0.14	27.89	32.37
10.00	1019.72	0.18	35.86	40.46
12.00	1223.66	0.21	41.83	48.56
14.00	1427.61	0.25	49.80	56.65
16.00	1631.55	0.28	55.78	64.74
18.00	1835.50	0.31	61.75	72.84
20.00	2039.44	0.35	69.72	80.93
22.00	2243.38	0.38	75.70	89.02
24.00	2447.33	0.40	79.68	97.11
26.00	2651.27	0.41	81.67	105.21
28.00	2855.22	0.43	85.66	113.30
30.00	3059.16	0.47	93.63	121.39
32.00	3263.10	0.50	99.60	129.49
34.00	3467.05	0.53	105.58	137.58
36.00	3670.99	0.57	113.55	145.67
38.00	3874.94	0.59	117.53	153.76
40.00	4078.88	0.61	121.51	161.86
42.00	4282.82	0.62	123.51	169.95
44.00	4486.77	0.65	129.48	178.04
46.00	4690.71	0.68	135.46	186.14
48.00	4894.66	0.69	137.45	194.23
50.00	5098.60	0.72	143.43	202.32
52.00	5302.54	0.76	151.39	210.42
53.14	5418.79	0.77	153.39	215.03



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0025x^2 + 1.0417x + 0.1285$
Def. rot. unitaria (x1000)	153.39
Esf. rotura (kg/cm ²)	215.03
Módulo de elast. (kg/cm ²)	219957.51
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	218.73

Gráfica 22: Grafica deformación del mortero proporción 1:4 con 5% microsíllice y 100 g/m³ microfibras de polipropileno a los 28 días.

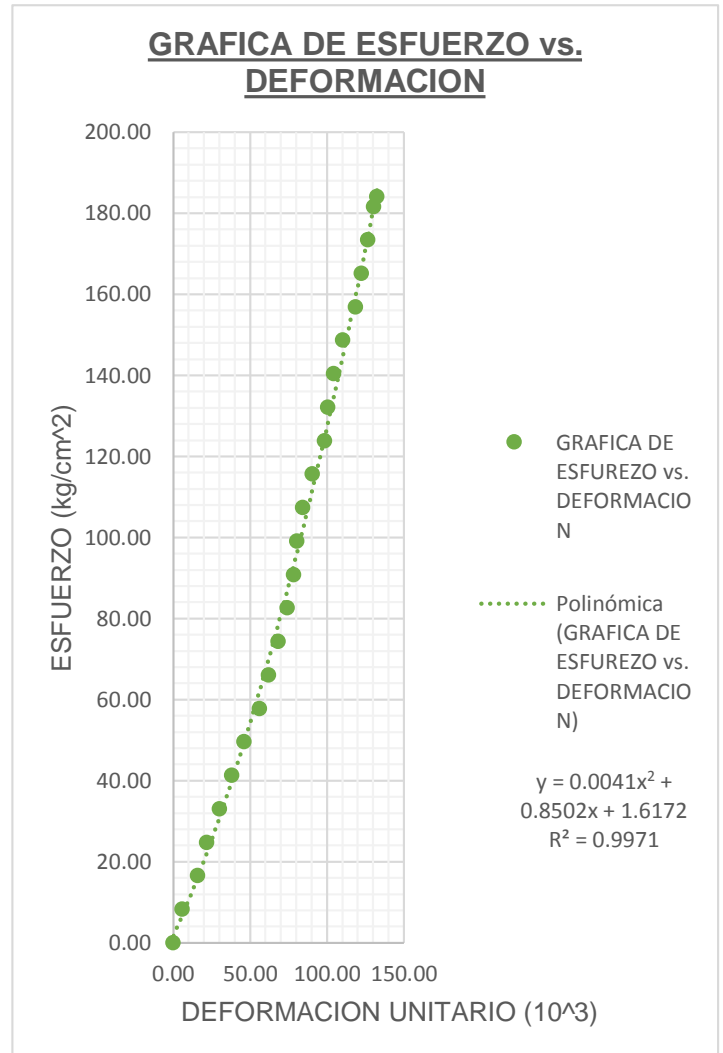
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.05	9.88	7.97
4.00	407.89	0.08	15.81	15.93
6.00	611.83	0.12	23.72	23.90
8.00	815.78	0.15	29.64	31.86
10.00	1019.72	0.19	37.55	39.83
12.00	1223.66	0.21	41.50	47.79
14.00	1427.61	0.24	47.43	55.76
16.00	1631.55	0.27	53.36	63.72
18.00	1835.50	0.29	57.31	71.69
20.00	2039.44	0.32	63.24	79.65
22.00	2243.38	0.35	69.17	87.62
24.00	2447.33	0.38	75.10	95.59
26.00	2651.27	0.40	79.05	103.55
28.00	2855.22	0.42	83.00	111.52
30.00	3059.16	0.45	88.93	119.48
32.00	3263.10	0.47	92.89	127.45
34.00	3467.05	0.49	96.84	135.41
36.00	3670.99	0.51	100.79	143.38
38.00	3874.94	0.53	104.74	151.34
40.00	4078.88	0.56	110.67	159.31
42.00	4282.82	0.59	116.60	167.27
44.00	4486.77	0.62	122.53	175.24
46.00	4690.71	0.64	126.48	183.21
48.00	4894.66	0.65	128.46	191.17
50.00	5098.60	0.69	136.36	199.14
52.00	5302.54	0.72	142.29	207.10
54.00	5506.49	0.76	150.20	215.07
56.00	5710.43	0.78	154.15	223.03
57.70	5883.78	0.80	158.10	229.80



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0013x^2 + 1.3183x - 6.922$
Def. rot. unitaria (x1000)	158.10
Esf. rotura (kg/cm ²)	229.80
Módulo de elast. (kg/cm ²)	227388.82
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	234.00

Gráfica 23: Grafica deformación del mortero patrón proporción 1:5 a los 28 días.

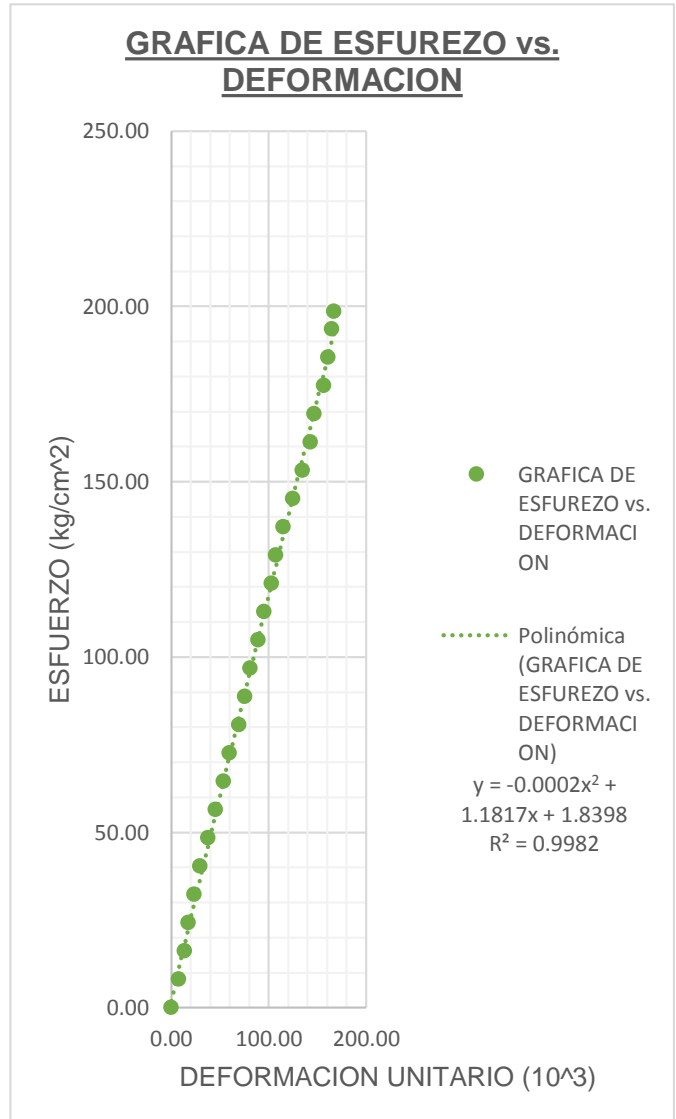
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.03	6.04	8.26
4.00	407.89	0.08	16.10	16.51
6.00	611.83	0.11	22.13	24.77
8.00	815.78	0.15	30.18	33.03
10.00	1019.72	0.19	38.23	41.28
12.00	1223.66	0.23	46.28	49.54
14.00	1427.61	0.28	56.34	57.80
16.00	1631.55	0.31	62.37	66.05
18.00	1835.50	0.34	68.41	74.31
20.00	2039.44	0.37	74.45	82.57
22.00	2243.38	0.39	78.47	90.82
24.00	2447.33	0.40	80.48	99.08
26.00	2651.27	0.42	84.51	107.34
28.00	2855.22	0.45	90.54	115.59
30.00	3059.16	0.49	98.59	123.85
32.00	3263.10	0.50	100.60	132.10
34.00	3467.05	0.52	104.63	140.36
36.00	3670.99	0.55	110.66	148.62
38.00	3874.94	0.59	118.71	156.87
40.00	4078.88	0.61	122.74	165.13
42.00	4282.82	0.63	126.76	173.39
44.00	4486.77	0.65	130.78	181.64
44.59	4546.93	0.66	132.80	184.08



Ec. de esfuerzo corregido	0.0041x ² + 0.8502x + 1.6172
Def. rot. unitaria (x1000)	132.80
Esf. rotura (kg/cm ²)	184.08
Módulo de elast. (kg/cm ²)	203513.90
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	186.82

Gráfica 24: Grafica deformación del mortero proporción 1:5 con 5% microsílíce a los 28 días.

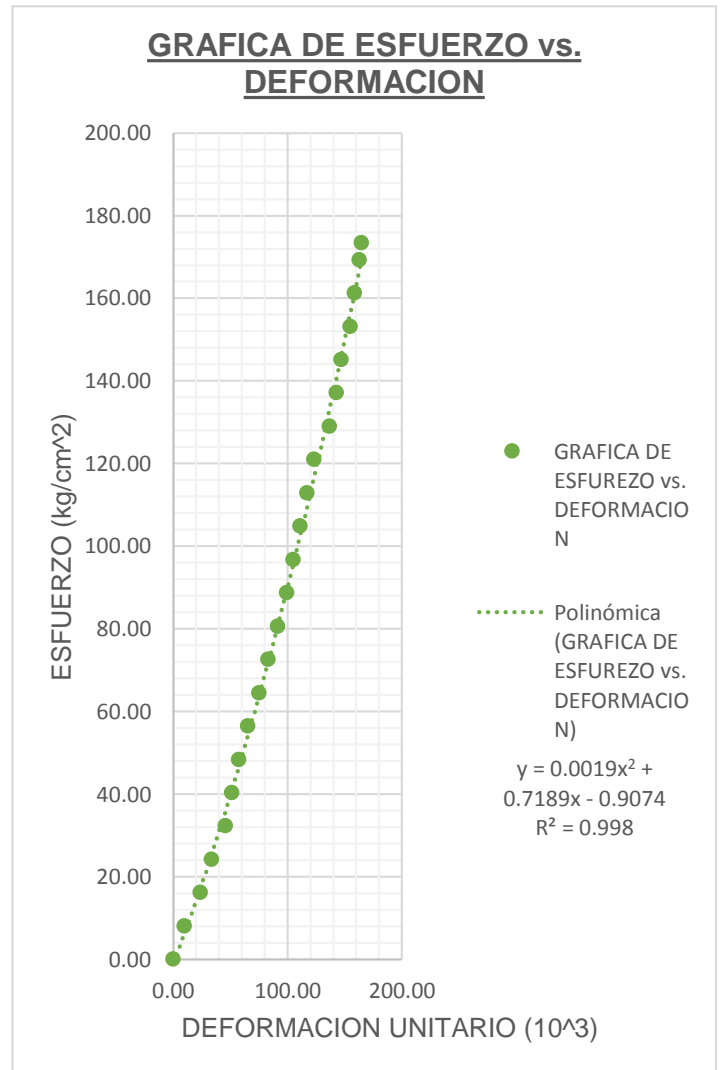
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.04	7.95	8.06
4.00	407.89	0.07	13.92	16.12
6.00	611.83	0.09	17.89	24.18
8.00	815.78	0.12	23.86	32.24
10.00	1019.72	0.15	29.82	40.30
12.00	1223.66	0.19	37.77	48.36
14.00	1427.61	0.23	45.73	56.43
16.00	1631.55	0.27	53.68	64.49
18.00	1835.50	0.30	59.64	72.55
20.00	2039.44	0.35	69.58	80.61
22.00	2243.38	0.38	75.55	88.67
24.00	2447.33	0.41	81.51	96.73
26.00	2651.27	0.45	89.46	104.79
28.00	2855.22	0.48	95.43	112.85
30.00	3059.16	0.52	103.38	120.91
32.00	3263.10	0.54	107.36	128.97
34.00	3467.05	0.58	115.31	137.03
36.00	3670.99	0.63	125.25	145.09
38.00	3874.94	0.68	135.19	153.15
40.00	4078.88	0.72	143.14	161.21
42.00	4282.82	0.74	147.12	169.28
44.00	4486.77	0.79	157.06	177.34
46.00	4690.71	0.81	161.03	185.40
48.00	4894.66	0.83	165.01	193.46
49.25	5022.12	0.84	167.00	198.50



Ec. de esfuerzo corregido	-0.0002x ² + 1.1817x + 1.8398
Def. rot. unitaria (x1000)	167.00
Esf. rotura (kg/cm ²)	198.50
Módulo de elast. (kg/cm ²)	211332.78
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	193.60

Gráfica 25: Grafica deformación del mortero proporción 1:5 con 100 g/m³ microfibras de polipropileno a los 28 días.

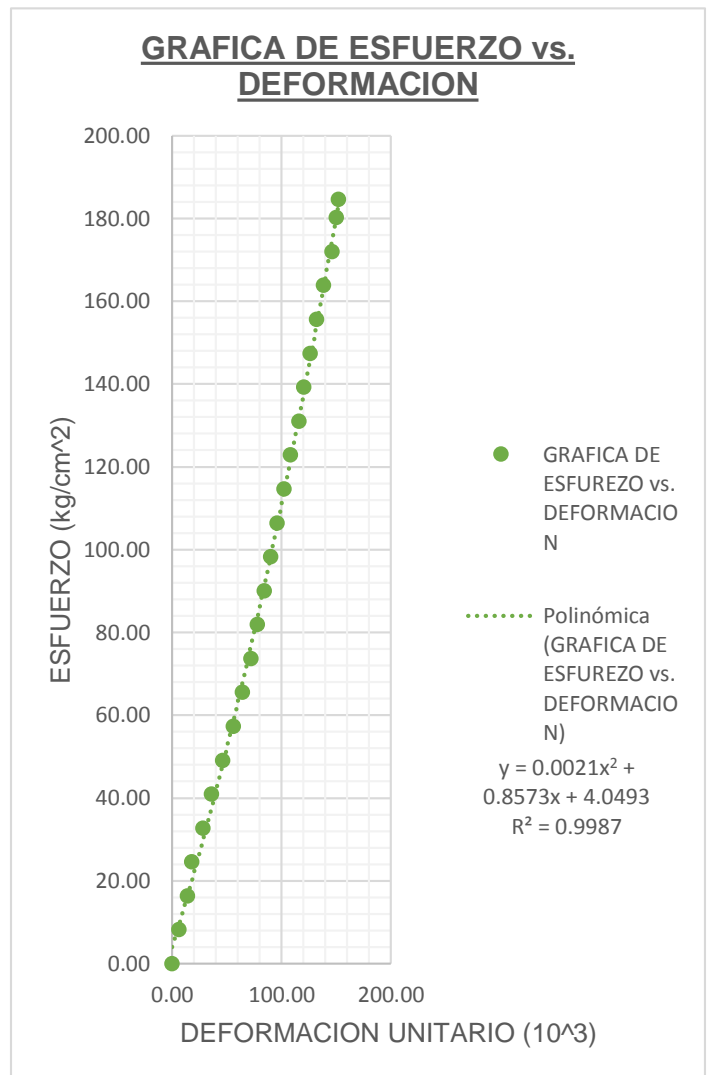
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.05	9.94	8.06
4.00	407.89	0.12	23.86	16.12
6.00	611.83	0.17	33.80	24.18
8.00	815.78	0.23	45.73	32.24
10.00	1019.72	0.26	51.69	40.30
12.00	1223.66	0.29	57.65	48.36
14.00	1427.61	0.33	65.61	56.43
16.00	1631.55	0.38	75.55	64.49
18.00	1835.50	0.42	83.50	72.55
20.00	2039.44	0.46	91.45	80.61
22.00	2243.38	0.50	99.40	88.67
24.00	2447.33	0.53	105.37	96.73
26.00	2651.27	0.56	111.33	104.79
28.00	2855.22	0.59	117.30	112.85
30.00	3059.16	0.62	123.26	120.91
32.00	3263.10	0.69	137.18	128.97
34.00	3467.05	0.72	143.14	137.03
36.00	3670.99	0.74	147.12	145.09
38.00	3874.94	0.78	155.07	153.15
40.00	4078.88	0.80	159.05	161.21
42.00	4282.82	0.82	163.02	169.28
43.02	4386.84	0.83	165.01	173.39



Ec. de esfuerzo corregido	0.0019x ² + 0.7189x - 0.9074
Def. rot. unitaria (x1000)	165.01
Esf. rotura (kg/cm ²)	173.39
Módulo de elast. (kg/cm ²)	197514.48
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	169.45

Gráfica 26: Grafica deformación del mortero proporción 1:5 con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno a los 28 días.

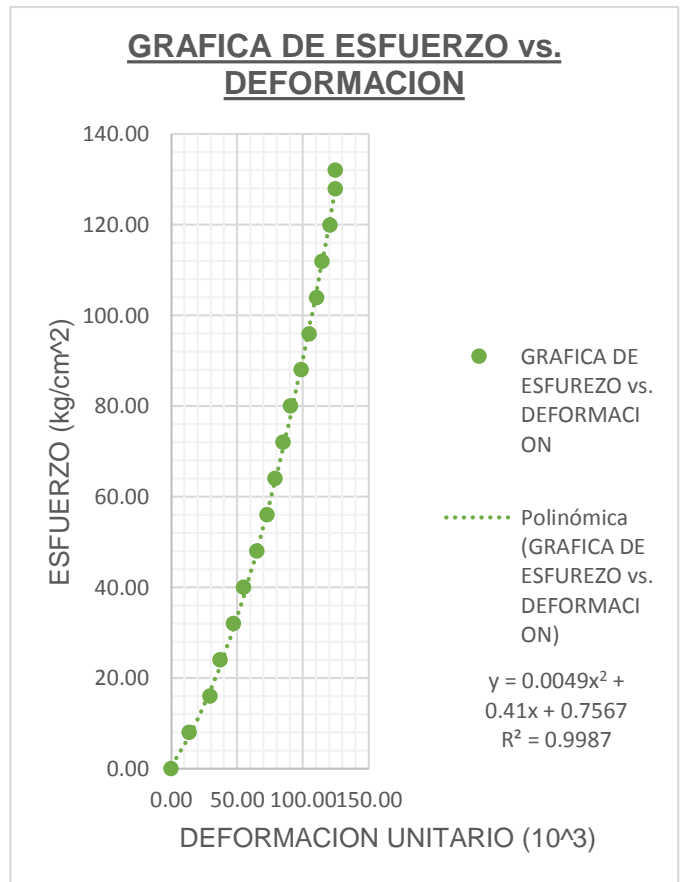
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.03	6.01	8.19
4.00	407.89	0.07	14.03	16.38
6.00	611.83	0.09	18.04	24.57
8.00	815.78	0.14	28.06	32.76
10.00	1019.72	0.18	36.07	40.95
12.00	1223.66	0.23	46.09	49.14
14.00	1427.61	0.28	56.11	57.33
16.00	1631.55	0.32	64.13	65.52
18.00	1835.50	0.36	72.14	73.71
20.00	2039.44	0.39	78.16	81.90
22.00	2243.38	0.42	84.17	90.10
24.00	2447.33	0.45	90.18	98.29
26.00	2651.27	0.48	96.19	106.48
28.00	2855.22	0.51	102.20	114.67
30.00	3059.16	0.54	108.22	122.86
32.00	3263.10	0.58	116.23	131.05
34.00	3467.05	0.60	120.24	139.24
36.00	3670.99	0.63	126.25	147.43
38.00	3874.94	0.66	132.26	155.62
40.00	4078.88	0.69	138.28	163.81
42.00	4282.82	0.73	146.29	172.00
44.00	4486.77	0.75	150.30	180.19
45.09	4597.92	0.76	152.30	184.65



Ec. de esfuerzo corregido	0.0021x ² + 0.8573x + 4.0493
Def. rot. unitaria (x1000)	152.30
Esf. rotura (kg/cm ²)	184.65
Módulo de elast. (kg/cm ²)	203831.50
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	183.33

Gráfica 27: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 patrón a los 28 días.

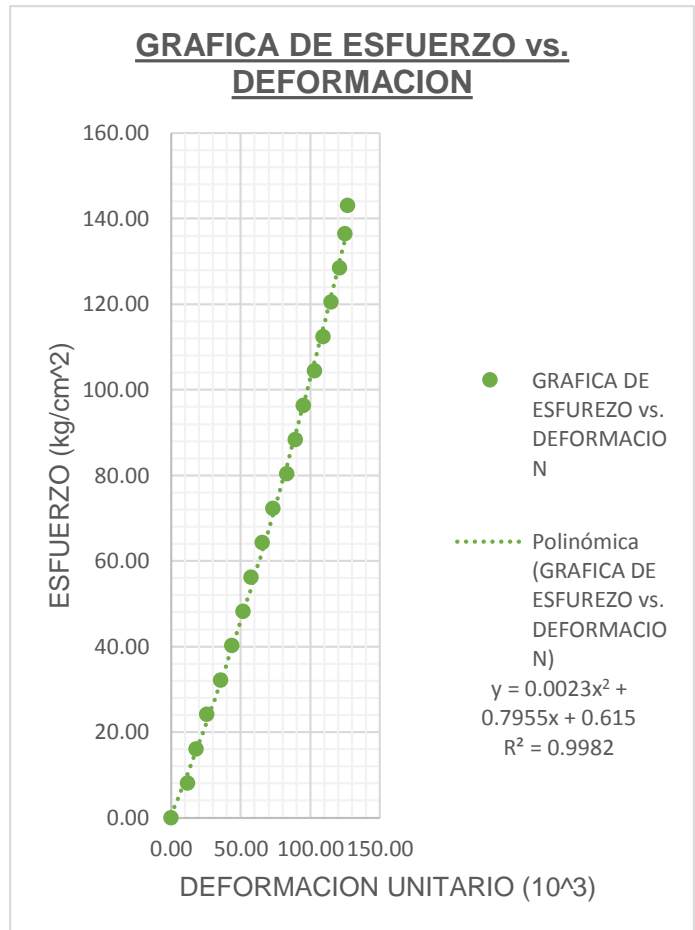
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.07	13.86	8.00
4.00	407.89	0.15	29.70	15.99
6.00	611.83	0.19	37.62	23.99
8.00	815.78	0.24	47.52	31.99
10.00	1019.72	0.28	55.45	39.99
12.00	1223.66	0.33	65.35	47.98
14.00	1427.61	0.37	73.27	55.98
16.00	1631.55	0.40	79.21	63.98
18.00	1835.50	0.43	85.15	71.97
20.00	2039.44	0.46	91.09	79.97
22.00	2243.38	0.50	99.01	87.97
24.00	2447.33	0.53	104.95	95.96
26.00	2651.27	0.56	110.89	103.96
28.00	2855.22	0.58	114.85	111.96
30.00	3059.16	0.61	120.79	119.96
32.00	3263.10	0.63	124.75	127.95
33.02	3367.12	0.63	124.75	132.03



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0049x^2 + 0.41x + 0.7567$
Def. rot. unitaria (x1000)	124.75
Esf. rotura (kg/cm ²)	132.03
Módulo de elast. (kg/cm ²)	172356.98
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	128.16

Gráfica 28: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 con 5% microsílíce a los 28 días.

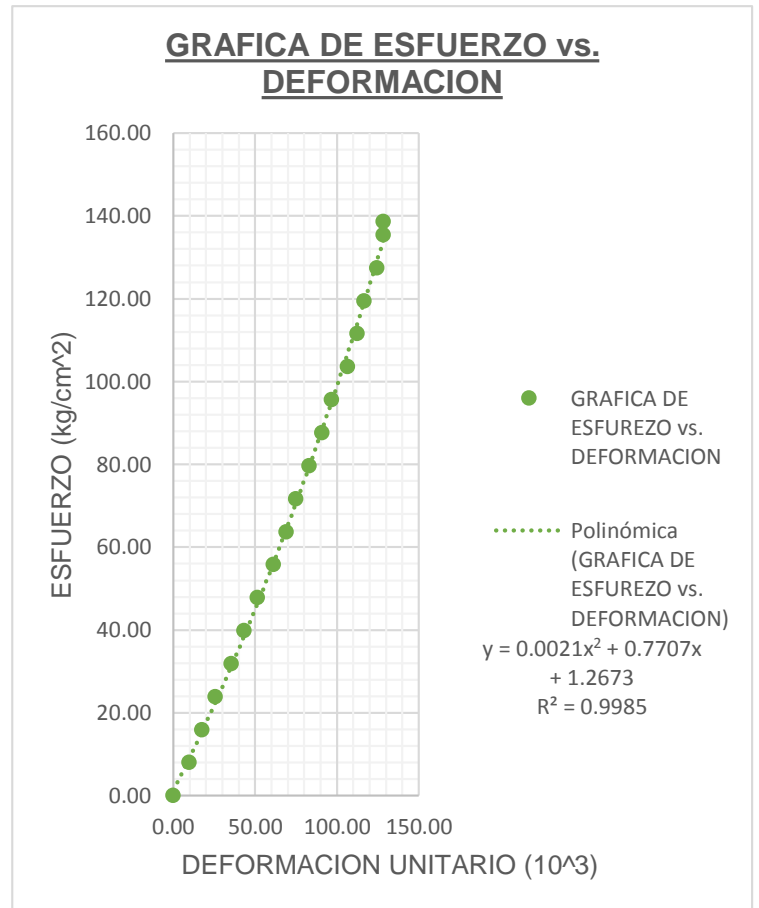
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.06	11.90	8.03
4.00	407.89	0.09	17.86	16.06
6.00	611.83	0.13	25.79	24.09
8.00	815.78	0.18	35.71	32.12
10.00	1019.72	0.22	43.65	40.14
12.00	1223.66	0.26	51.59	48.17
14.00	1427.61	0.29	57.54	56.20
16.00	1631.55	0.33	65.48	64.23
18.00	1835.50	0.37	73.41	72.26
20.00	2039.44	0.42	83.33	80.29
22.00	2243.38	0.45	89.29	88.32
24.00	2447.33	0.48	95.24	96.35
26.00	2651.27	0.52	103.17	104.37
28.00	2855.22	0.55	109.13	112.40
30.00	3059.16	0.58	115.08	120.43
32.00	3263.10	0.61	121.03	128.46
34.00	3467.05	0.63	125.00	136.49
35.63	3633.26	0.64	126.98	143.03



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0023x^2 + 0.7955x + 0.615$
Def. rot. unitaria (x1000)	126.98
Esf. rotura (kg/cm ²)	143.03
Módulo de elast. (kg/cm ²)	179394.49
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	138.72

Gráfica 29: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 con 100 g/m³ microfibra de polipropileno a los 28 días.

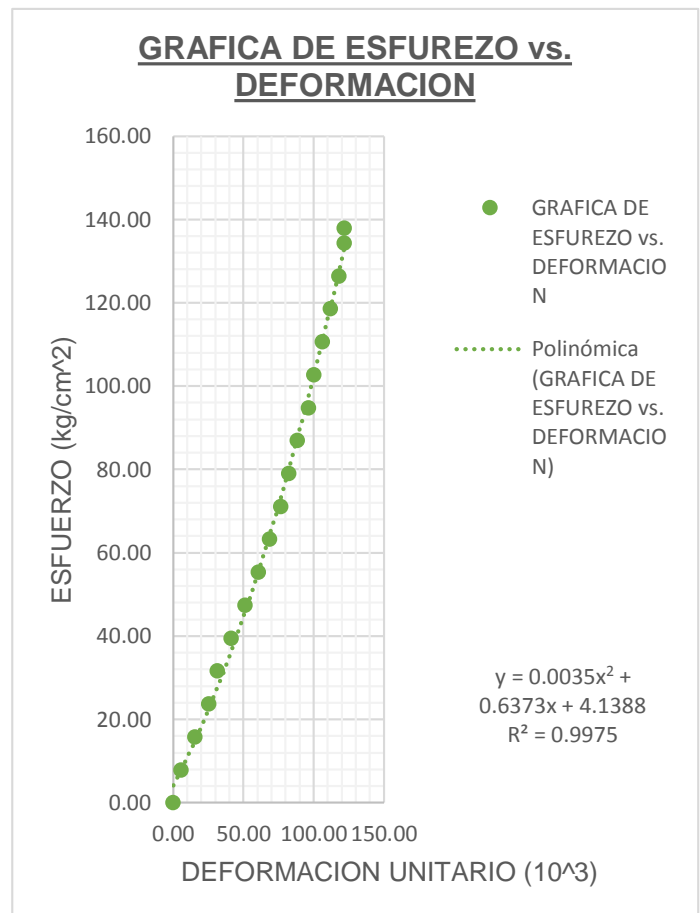
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.05	9.88	7.97
4.00	407.89	0.09	17.79	15.93
6.00	611.83	0.13	25.69	23.90
8.00	815.78	0.18	35.57	31.86
10.00	1019.72	0.22	43.48	39.83
12.00	1223.66	0.26	51.38	47.79
14.00	1427.61	0.31	61.26	55.76
16.00	1631.55	0.35	69.17	63.72
18.00	1835.50	0.38	75.10	71.69
20.00	2039.44	0.42	83.00	79.65
22.00	2243.38	0.46	90.91	87.62
24.00	2447.33	0.49	96.84	95.59
26.00	2651.27	0.54	106.72	103.55
28.00	2855.22	0.57	112.65	111.52
30.00	3059.16	0.59	116.60	119.48
32.00	3263.10	0.63	124.51	127.45
34.00	3467.05	0.65	128.46	135.41
34.81	3549.65	0.65	128.46	138.64



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0021x^2 + 0.7707x + 1.2673$
Def. rot. unitaria (x1000)	128.46
Esf. rotura (kg/cm ²)	138.64
Módulo de elast. (kg/cm ²)	176617.29
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	134.92

Gráfica 30: Grafica deformación del mortero proporción 1:6 con 5% microsílíce y 100 g/m³ microfibras de polipropileno a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Carga		Def. mm	Def. unit. mm	Esf. kg/cm ²
kN	kg			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	203.94	0.03	5.91	7.90
4.00	407.89	0.08	15.75	15.81
6.00	611.83	0.13	25.59	23.71
8.00	815.78	0.16	31.50	31.61
10.00	1019.72	0.21	41.34	39.51
12.00	1223.66	0.26	51.18	47.42
14.00	1427.61	0.31	61.02	55.32
16.00	1631.55	0.35	68.90	63.22
18.00	1835.50	0.39	76.77	71.13
20.00	2039.44	0.42	82.68	79.03
22.00	2243.38	0.45	88.58	86.93
24.00	2447.33	0.49	96.46	94.83
26.00	2651.27	0.51	100.39	102.74
28.00	2855.22	0.54	106.30	110.64
30.00	3059.16	0.57	112.20	118.54
32.00	3263.10	0.60	118.11	126.45
34.00	3467.05	0.62	122.05	134.35
34.90	3558.82	0.62	122.05	137.90



Ec. de esfuerzo corregido	$0.0035x^2 + 0.6373x + 4.1388$
Def. rot. unitaria (x1000)	122.05
Esf. rotura (kg/cm ²)	137.90
Módulo de elast. (kg/cm ²)	176149.22
Esf. rot. Corregido (kg/cm ²)	134.05

7.9. PANEL FOTOGRÁFICO.

Imagen 13: Cantera “Roca fuerte” del rio Chonta.



Imagen 14: cantidades de agregado fino.



Imagen 15: tamizando el agregado fino.



Imagen 16: Material retenido en cada tamiz.



Imagen 17: determinado si el agregado fino está saturado superficialmente seco



Imagen 18: Peso específico del agregado fino.



Imagen 19: Peso unitario seco compactado del agregado fino.



Imagen 20: Moldes para elaborar las probetas a compresión y flexión.



Imagen 21: Materiales para la elaboración de las probetas de mortero



Imagen 22: Peso de los materiales.



Imagen 23: Mezcla del mortero.



Imagen 24: Curado de probetas



Imagen 25: Midiendo los lados de las probetas a cubicas



Imagen 26: Midiendo las probetas prismáticas



Imagen 27: Peso de las probetas cubicas



Imagen 28: Ensayo a compresión del mortero (5x5x5 cm)



Imagen 29: Lectura de la deformación



Imagen 30: Falla de la probeta ensaya a compresión.



Imagen 31: Ensayo a flexión del mortero (4x4x16 cm)



Imagen 32: probetas a flexión.



Imagen 33: Rotura de la probeta a flexión

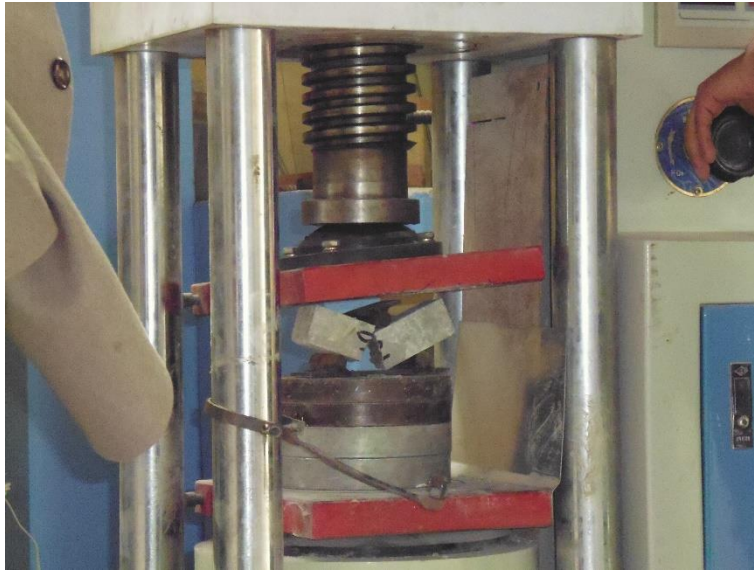


Imagen 34: Falla de la probeta a compresión.

