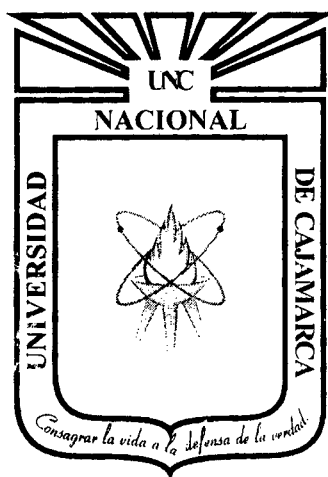


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:
HUAMÁN QUISPE ALEXANDER

Asesor:
M. EN ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA

**CAJAMARCA PERÚ
2015**

AGRADECIMIENTOS

En ningún momento de la vida estamos solos y entre las personas que nos rodean siempre habrá quien nos brinde apoyo para salir adelante. Este es el momento de agradecer a todas aquellas personas que con sus palabras, apoyo moral, económico y con el simple hecho de estar a nuestro lado nos hace la tarea más fácil.

En primera quiero agradecer a Dios Todopoderoso por permitirme llegar a este punto en mi vida, en el cual termino una etapa de formación, una etapa que me servirá para desarrollarme en la sociedad y para seguir mi vida solo, de aquí en adelante será mi esfuerzo el que me permita salir adelante.

En segundo lugar me gustaría agradecer, de una manera especial a mi asesor de tesis y catedrático M.I. Héctor Pérez Loayza, por su aliento, sus inestimables aportaciones, por su calidad humana, trabajo y humildad.

A mis padres, hermanos y demás familiares que en el transcurso de mi carrera siempre estuvieron a mi lado para darme los consejos que me hicieron no salir por la puerta de atrás y continuar dando pasos hacia adelante.

A mis amigos, los de hace años y a los nuevos, gracias por hacer mi estadía en la universidad una experiencia que vale la pena recordar, ojalá se pudiera volver el tiempo atrás para volver a vivir esta etapa.

Un agradecimiento especial al laboratorio de Resistencia y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, instalaciones en las que se ha llevado a cabo todos los ensayos presentados.

A todos y cada uno de los que por falta de memoria he olvidado mencionar, muchas gracias, por las palabras o gestos de apoyo, que sin necesidad de hacerlo, me brindaron.

¡Gracias a Todos!

DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios Todopoderoso, por darme sabiduría y entendimiento a lo largo de toda mi carrera, así mismo dedico este trabajo a:

A mis padres; Eloy Huamán y María Quispe, por estar siempre a mi lado apoyándome en todos y cada uno de los momentos dándome todo su amor, comprensión y cariño incondicional; siendo mi ejemplo a seguir de perseverancia y esfuerzo, brindándome siempre una sonrisa a pesar de las dificultades, un millón de gracias Papas, los quiero.

A mis hermanos; Luis, Luz y Eloy quienes siempre están a mi lado acompañándome en cada paso, logros, triunfos, alegrías y tristezas, demostrándome que unidos somos uno.

A mi novia; Paola por siempre estar a mi lado apoyándome incondicionalmente en todo momento, brindándome su comprensión, cariño y amor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	3
1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	3
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.7.1. DELIMITACIONES	5
1.7.2. LIMITACIONES	6
1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES A NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	7
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES A NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	9
2.2.1. CONCRETO.....	9
2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	10
2.2.3. FIBRAS.....	15
2.2.4. CONCRETO REFORZADO CON FIBRA (CRF).....	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	40
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODO.....	46
3.1. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46

3.1.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.1.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
3.2.	CANTERA DE ESTUDIO.....	49
3.2.1.	ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO.....	49
3.2.2.	UBICACIÓN.....	50
3.3.	CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADO.....	51
3.3.1.	EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS.....	51
3.3.2.	NÚMERO Y MASA DE LAS MUESTRAS DE CAMPO.....	51
3.3.3.	REDUCCIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑO DE ENSAYO.....	52
3.3.4.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO [NTP 400.012 – 2011; ASTM C 136].....	53
3.3.5.	MÓDULO DE FINURA [NTP 400.011 – 2011; ASTM C 136].....	53
3.3.6.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN [NTP 400.021 – 400.022, 2011].....	54
3.3.7.	CONTENIDO DE HUMEDAD [NTP 339.185 – 2011; ASTM C 70].....	56
3.3.8.	PESO UNITARIO [NTP 400.017; ASTM C 29].....	58
3.3.9.	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200 [NTP 400.018; ASTM C 117].....	60
3.3.10.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN [NTP 400.019 – 020; ASTM C 131].....	61
3.4.	CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE VIDRIO.....	62
3.4.1.	DETERMINACIÓN DEL LARGO DE LA FIBRA.....	62
3.4.2.	PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS.....	64
3.5.	CARACTERÍSTICA DEL CEMENTO.....	65
3.6.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.....	65
3.7.	DISEÑO DE MEZCLA.....	66
3.8.	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA.....	69
3.9.	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE MEZCLA.....	70
3.10.	PROCEDIMIENTO PARA LA ADICIÓN DE FIBRA EN LAS PROPORCIONES DE DISEÑO.....	72
3.11.	ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	74
3.12.	CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	77
3.13.	ENSAYOS DEL CONCRETO.....	78
3.13.1.	ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO.....	78
3.13.2.	ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	80
3.14.	TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	91
3.14.1.	ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	92
3.14.2.	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	92
CAPITULO IV.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	94
4.1.	ANÁLISIS DE LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO.....	94
4.2.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO.....	96
4.3.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	98
4.4.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	101
4.5.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.....	104
4.6.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	108
4.7.	ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ESPECÍMEN.....	112
4.8.	ANÁLISIS DE LA FISURA DEL ESPECÍMEN.....	117

TABLA N° 22: PROMEDIO Y VARIACIÓN PORCENTUAL DE ANCHOS Y LONGITUD DE LA FISURA DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS A FLEXIÓN DE LAS DIFERENTES ADICIONES DE FIBRA A 07, 14 Y 28 DÍAS.	119
TABLA N° 23: TIPOS Y PORCENTAJE DE FALLAS TÍPICAS REGISTRADAS EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN.....	122
TABLA N° 24: COSTO VS ESFUERZO A COMPRESIÓN ENSAYADO A 28 DÍAS.	123
TABLA N° 25: COSTO VS ESFUERZO A TRACCIÓN INDIRECTA ENSAYADO A 28 DÍAS.	123
TABLA N° 26: COSTO VS ESFUERZO A FLEXIÓN ENSAYADO A LOS 28 DÍAS.	124
TABLA N° 27: PRINCIPALES COMPONENTES DEL CEMENTO PORTLAND.....	132
TABLA N° 28: FUENTES DE MATERIAS PRIMAS USADAS EN LA FABRICACIÓN DE CEMENTO PÓRTLAND.....	132
TABLA N° 29: COMPONENTES QUÍMICOS DEL CEMENTO PORTLAND.	132
TABLA N° 30: MEDIDA DE LAS MUESTRAS DE CAMPO REQUERIDAS PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.	134
TABLA N° 31: LÍMITES GRANULOMÉTRICOS RECOMENDADOS PARA AGREGADO FINO.	134
TABLA N° 32: REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO.	135
TABLA N° 33: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA PARA EL ENSAYO.	136
TABLA N° 34: CARGA ABRASIVA SEGÚN GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	136
TABLA N° 35: GRADACIONES DE MUESTRAS DE ENSAYO.....	136
TABLA N° 36: NÚMERO DE CAPAS REQUERIDAS POR ESPECÍMEN.	136
TABLA N° 37: DIÁMETRO DE VARILLA Y NÚMERO DE VARILLADOS A SER USADOS AL MOLDEARSE ESPECÍMENES DE PRUEBA.	137
TABLA N° 38: CAPACIDAD DE LOS RECIPIENTES DE MEDICIÓN.	137
TABLA N° 39: TIEMPO DE PRUEBA DE LOS ESPECÍMENES Y TOLERANCIA.	137
TABLA N° 40: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO – ENSAYO N° 01.	138
TABLA N° 41: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO – ENSAYO N° 02.	139
TABLA N° 42: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO – ENSAYO N° 03.	140
TABLA N° 43: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO – ENSAYO N° 01.	141
TABLA N° 44: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO – ENSAYO N° 02.	142
TABLA N° 45: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO – ENSAYO N° 03.	143
TABLA N° 46: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.	144
TABLA N° 47: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	144
TABLA N° 48: PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL AGREGADO.	144
TABLA N° 49: PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.	145
TABLA N° 50: PESO ESPECÍFICO DEL AGUA PARA DETERMINAR EL FACTOR AGUA "F".	145
TABLA N° 51: FACTOR DE AGUA "F" PARA DETERMINAR LOS PESOS UNITARIOS.	146
TABLA N° 52: PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO FINO.	146
TABLA N° 53: PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO.....	146
TABLA N° 54: PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO GRUESO.	146
TABLA N° 55: PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.....	147
TABLA N° 56: PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200 PARA EL AGREGADO FINO.....	147
TABLA N° 57: PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200 PARA EL AGREGADO GRUESO.....	147
TABLA N° 58: CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO PARA EL ENSAYO DE ABRASIÓN.....	147
TABLA N° 59: ENSAYO DE ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	147
TABLA N° 60 : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO.	154

TABLA N° 61: CONSISTENCIA, ASENTAMIENTO Y TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO.....	154
TABLA N° 62: REQUERIMIENTOS DE AGUA EN L/M ³ Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA.....	154
TABLA N° 63: RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C) DEL CONCRETO POR RESISTENCIA.....	155
TABLA N° 64: MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS “MC”.....	155
TABLA N° 65: MEZCLA PARA EL 1 ^{ER} AJUSTE DEL CONCRETO.....	156
TABLA N° 66: CORRECCIÓN POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PARA EL AJUSTE DE MEZCLA.....	157
TABLA N° 67: AJUSTE DE MEZCLA POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO.....	158
TABLA N° 68: PRIMER AJUSTE DE MEZCLA POR RESISTENCIA DEBIDO AL GRADO DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO.....	159
TABLA N° 69: SEGUNDO AJUSTE DE MEZCLA POR RESISTENCIA DEBIDO AL GRADO DE HIDRATACIÓN DEL CONCRETO.....	159
TABLA N° 70: CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DEL AJUSTE DE MEZCLA Y CONCRETO PATRÓN (0% DE FIBRA) UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO.	160
TABLA N° 71: DISEÑO DE MEZCLA CON 0.125 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.....	161
TABLA N° 72: CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON 0.125 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.....	162
TABLA N° 73: DISEÑO DE MEZCLA CON 0.25 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.....	163
TABLA N° 74: CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON 0.25 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.....	164
TABLA N° 75: DISEÑO DE MEZCLA CON 0.50 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.....	165
TABLA N° 76: CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON 0.50 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.....	166
TABLA N° 77: DISEÑO DE MEZCLA CON 1.0 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO PARA DETERMINAR EL MÁXIMO PORCENTAJE DE FIBRA ADICIONADA.....	167
TABLA N° 78: CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CON 1.0 % DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO PARA DETERMINAR EL MÁXIMO PORCENTAJE DE FIBRA ADICIONADA.....	168
TABLA N° 79: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0% DE FIBRA ADICIONADA.....	169
TABLA N° 80: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0% DE FIBRA ADICIONADA.....	169
TABLA N° 81: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0% DE FIBRA ADICIONADA.....	170
TABLA N° 82: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.....	170
TABLA N° 83: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.....	171
TABLA N° 84: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.....	171

TABLA N° 85: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	172
TABLA N° 86: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	172
TABLA N° 87: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	173
TABLA N° 88: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0.50% DE FIBRA ADICIONADA.	173
TABLA N° 89: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	174
TABLA N° 90: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	174
TABLA N° 91: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 07 DÍAS CON 0% DE FIBRA ADICIONADA.	175
TABLA N° 92: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 14 DÍAS CON 0% DE FIBRA ADICIONADA.	175
TABLA N° 93: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS CON 0% DE FIBRA ADICIONADA.	175
TABLA N° 94: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 07 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.	176
TABLA N° 95: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 14 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.	176
TABLA N° 96: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.	176
TABLA N° 97: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 07 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	177
TABLA N° 98: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 14 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	177
TABLA N° 99: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	177
TABLA N° 100: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 07 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	178
TABLA N° 101: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 14 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	178
TABLA N° 102: ESPECÍMENES DE CONCRETO CILÍNDRICOS ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	178
TABLA N° 103: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0 % DE FIBRA ADICIONADA.	179
TABLA N° 104: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0 % DE FIBRA ADICIONADA.	179
TABLA N° 105: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0 % DE FIBRA ADICIONADA.	179
TABLA N° 106: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.	180

TABLA N° 107: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.	180
TABLA N° 108: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0.125 % DE FIBRA ADICIONADA.	180
TABLA N° 109: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	181
TABLA N° 110: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	181
TABLA N° 111: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0.25 % DE FIBRA ADICIONADA.	181
TABLA N° 112: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 07 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	182
TABLA N° 113: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	182
TABLA N° 114: ESPECÍMENES DE CONCRETO PRISMÁTICO ENSAYADOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 0.50 % DE FIBRA ADICIONADA.	182
TABLA N° 115: PRECIO DE LOS MATERIALES DE LA MEZCLA EN EL MERCADO.	195
TABLA N° 116: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE TODOS LOS PORCENTAJES DE FIBRA DE VIDRIO UTILIZADOS.	195

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: FIBRAS DE VIDRIO TIPO MAT.....	19
FIGURA N° 02: FIBRAS DE VIDRIO CON HILADA TIPO ROVING O MECHAS.....	23
FIGURA N° 03: FIBRAS DE VIDRIO CON HILADA TIPO MAT.....	24
FIGURA N° 04: PRUEBA DE REVENIMIENTO O SLUMP.....	29
FIGURA N° 05: PUNTOS IMPORTANTES DE LA CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE ACUERDO CON LA NORMA ASTM C1018.....	33
FIGURA N° 06: MAPA DE LA UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN “UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA”.....	46
FIGURA N° 07: FOTOGRAFÍA SATELITAL DE LA UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN “UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA”.....	46
FIGURA N° 08: MAPA DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA CHANCADORA “ROCA FUERTE” DONDE SE OBTUVO LOS AGREGADOS.....	50
FIGURA N° 09: FOTOGRAFÍA SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA CHANCADORA “ROCA FUERTE” DONDE SE OBTUVO LOS AGREGADOS.....	50
FIGURA N° 10: VERNIER UTILIZADO PARA MEDIR EL DIÁMETRO Y LARGO DE LAS FIBRAS CON PRECISIÓN DE 0.01 MM MARCA “TOTAL”.....	62
FIGURA N° 11: TOMA DE MEDIDAS DEL DIÁMETRO Y LONGITUD DE LOS FILAMENTOS DE FIBRA DE VIDRIO.....	64
FIGURA N° 12: TOMA DE LAS MEDIDAS DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS.....	82
FIGURA N° 13: ESQUEMA DE LOS PATRONES DE TIPOS DE FRACTURAS.....	83
FIGURA N° 14: IDENTIFICACIÓN, ENSAYO A COMPRESIÓN Y REGISTRO DEL TIPO DE FALLA DE LOS ESPECÍMENES.....	83
FIGURA N° 15: IDENTIFICACIÓN, ENSAYO A TRACCIÓN INDIRECTA Y REGISTRO DEL TIPO DE FALLA DE LOS ESPECÍMENES.....	86
FIGURA N° 16: ENSAYO DE FLEXIÓN CON CARGA EN P/2.....	87
FIGURA N° 17: TOMA DE LAS MEDIDAS DE LAS PROBETAS PRISMÁTICAS.....	88
FIGURA N° 18: ENSAYO A FLEXIÓN Y RUPTURA DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	89
FIGURA N° 19: ENSAYO A FLEXIÓN Y RUPTURA DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	91
FIGURA N° 20: TIPOS DE FALLAS TÍPICAS EN LOS ESPECÍMENES DE CONCRETOS ENSAYADOS A COMPRESIÓN.....	123

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 01: TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO FRESCO DE LOS DISTINTOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA.	95
GRÁFICO N° 02: VARIACIÓN PORCENTUAL DEL ASENTAMIENTO POR INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO ADICIONADO CON RESPECTO AL PATRÓN.	96
GRÁFICO N° 03: PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO DE LOS DISTINTOS PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA.	97
GRÁFICO N° 04: VARIACIÓN PORCENTUAL DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO POR INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO ADICIONADO CON RESPECTO AL PATRÓN.	98
GRÁFICO N° 05: PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO A LOS 28 DÍAS PARA LOS DISTINTOS ENSAYOS Y PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA.	100
GRÁFICO N° 06: VARIACIÓN PORCENTUAL DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO POR INFLUENCIA DE LA FIBRA ADICIONADA RESPECTO AL PATRÓN.	100
GRÁFICO N° 07: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR INFLUENCIA DE LA FIBRA AGREGADA A LOS 07, 14 Y 28 DÍAS.	102
GRÁFICO N° 08: VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR INFLUENCIA DE LA FIBRA AGREGADA CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.	103
GRÁFICO N° 09: CONSOLIDADO A TRAVÉS DEL TIEMPO DE LOS PROMEDIOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES Y ADICIONES DE FIBRA.	103
GRÁFICO N° 10: RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 56 Y 90 DÍAS DE LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.	104
GRÁFICO N° 11: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR INFLUENCIA DE LA FIBRA AGREGADA A LOS 07, 14 Y 28 DÍAS.	106
GRÁFICO N° 12: VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR INFLUENCIA DE LA FIBRA AGREGADA CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.	106
GRÁFICO N° 13: CONSOLIDADO A TRAVÉS DEL TIEMPO DE LOS PROMEDIOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN INDIRECTA A DIFERENTES EDADES Y ADICIÓN DE FIBRA.	107
GRÁFICO N° 14: PROYECCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 56 Y 90 DÍAS DE LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.	108
GRÁFICO N° 15: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR INFLUENCIA DE LA FIBRA AGREGADA A LOS 07, 14 Y 28 DÍAS.	109
GRÁFICO N° 16: VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR INFLUENCIA DE LA FIBRA AGREGADA CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.	110
GRÁFICO N° 17: CONSOLIDADO A TRAVÉS DEL TIEMPO DE LOS PROMEDIOS DE ENSAYOS A LA FLEXIÓN A DIFERENTES EDADES Y PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA.	111
GRÁFICO N° 18: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 56 Y 90 DÍAS DE LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO.	112
GRÁFICO N° 19: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE LAS DIFERENTES ADICIONES DE FIBRA DE VIDRIO SEGÚN NORMA E.060, ACI 363RY GRÁFICA A LOS 07 DÍAS DE ENSAYO.	113
GRÁFICO N° 20: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE LAS DIFERENTES ADICIONES DE FIBRA DE VIDRIO SEGÚN NORMA E.060, ACI 363R Y GRÁFICA A LOS 14 DÍAS DE ENSAYO.	114

GRÁFICO N° 21: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE LAS DIFERENTES ADICIONES DE FIBRA DE VIDRIO SEGÚN NORMA E.060, ACI 363R Y GRÁFICA A LOS 28 DÍAS DE ENSAYO.	115
GRÁFICO N° 22: VARIACIÓN PORCENTUAL DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD POR INFLUENCIA DE LA FIBRA AGREGADA RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN A LOS 28 DÍAS.	116
GRÁFICO N° 23: PROMEDIO DE LOS ANCHOS DE LAS FISURAS EN LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA.	118
GRÁFICO N° 24: PROMEDIO DE LA LONGITUD TRANSVERSAL DE LAS FISURAS EN LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA.	118
GRÁFICO N° 25: PROMEDIO DE LOS ANCHOS DE LAS FISURAS EN LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS A FLEXIÓN A DIFERENTES EDADES Y ADICIONES DE FIBRA.....	120
GRÁFICO N° 26: PROMEDIO DE LA LONGITUD DE LAS FISURAS EN LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS A FLEXIÓN A DIFERENTES EDADES Y ADICIONES DE FIBRA.....	121
GRÁFICO N° 27: REPRESENTACIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS TÍPICAS REGISTRADAS EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN.	122
GRÁFICO N° 28: COSTO VS ESFUERZO A LA COMPRESIÓN, TRACCIÓN Y FLEXIÓN DE LAS DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS.	124
GRÁFICO N° 29: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO – ENSAYO N° 01.....	138
GRÁFICO N° 30: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO – ENSAYO N° 02.....	139
GRÁFICO N° 31: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - ENSAYO N° 03.....	140
GRÁFICO N° 32: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - ENSAYO N° 01.....	141
GRÁFICO N° 33: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - ENSAYO N° 02.....	142
GRÁFICO N° 34: HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - ENSAYO N° 03.....	143

RESUMEN

El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción hoy en día, sin embargo, presentan algunos aspectos negativos como por ejemplo su baja resistencia a la tracción, flexión, la constante fisuración por contracción plástica y un deficiente desempeño en condiciones de cambios de humedad. Es por ese motivo que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar la influencia de la incorporación de distintos porcentajes de fibra de vidrio, en las propiedades mecánicas del concreto, utilizando fibra de vidrio Tipo E – MAT450, cemento Pacasmayo Portland tipo I, agregados de la zona y agua del Campus Universitario. Se han realizado ensayos comparativos entre un concreto patrón, que no contenía fibras y concretos con 0.125%, 0.25% y 0.5% (% en volumen por metro cúbico de concreto) de fibra adicionada, el concreto patrón tuvo una resistencia a la compresión a los 28 días, de 210 kg/cm². Las propiedades del concreto que se estudiaron fueron la trabajabilidad, peso unitario del concreto fresco y endurecido, la resistencia a la compresión, a la tracción indirecta y la resistencia a la flexión. Estos ensayos se realizaron a 07 y 14 días, como parámetro, y a 28 días para obtener la resistencia última. En lo que se refiere a los resultados, en el concreto en estado fresco se determinó que, con la incorporación de fibras, la trabajabilidad disminuye con respecto al concreto patrón, cumpliéndose que a mayor cantidad de fibra adicionada menor es la trabajabilidad del concreto, y por el contrario, en lo que se refiere al peso unitario del concreto en estado fresco la cantidad de fibra de vidrio no influye en el aumento o disminución de esta, siendo la cantidad de fibra un parámetro neutro para esta propiedad. En el concreto endurecido se logró determinar que la adición de fibras de vidrio no tiene una influencia considerable en el aumento su resistencia a la compresión, y que por el contrario, el aumento de la cantidad de fibra de vidrio presente en la mezcla de concreto incide directamente en el aumento de la resistencia a la tracción y flexión de éste, cumpliéndose que a mayor porcentaje de fibra de vidrio adicionado, mayor es el aumento de la resistencia a la tracción y flexión, llegando hasta un 30.74% y 36.20% de aumento respectivamente.

Palabras claves: Concreto, fibra de vidrio, propiedades mecánicas, resistencia, trabajabilidad.

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used materials in construction today. However, they have some negative aspects such as its low tensile strength, flexural, constant plastic shrinkage cracking and poor performance under moisture changes. It is for this reason that the present research aims to study the influence of the addition of different percentages of glass fiber on the mechanical properties of concrete, fiberglass using Type E - MAT450, Pacasmayo Portland cement type I, aggregates water area and the University Campus. Comparative tests were made between a particular pattern, containing no fibers and concrete with 0.125%, 0.25% and 0.5% (% by volume of concrete per cubic meter) of added fiber, the particular pattern had a compressive strength to 28 days 210 kg / cm². Concrete properties studied were workability, unit weight of fresh and hardened concrete, compressive strength, indirect tensile and flexural strength. These tests were performed at 07 and 14 days, as a parameter, and 28 days for the ultimate strength. As regards the results, in particular fresh found that, by incorporating fibers, workability decreases with respect to the specific pattern, fulfilling that a greater number of smaller added fiber is workability of the concrete, and On the contrary, as regards the unit weight of fresh concrete in the amount of glass fiber does not affect the increase or decrease of this, the amount of a neutral fiber for this property parameter. In the hardened concrete it was determined that the addition of glass fibers has a considerable influence on the increase its resistance to compression, and instead, increasing the amount of glass fiber present in the concrete mix falls directly in increasing the tensile strength and bending it, fulfilling that the higher percentage of glass fibers added, the greater the increase in tensile strength and bending, reaching up to 30.74% and 36.20% increase respectively.

Keywords: concrete, fiberglass, mechanical properties, resistance, workability.

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En el Perú, el incremento de la población ha sido acompañado por un avanzado crecimiento urbanístico, la construcción de viviendas y a su vez de la demanda de los materiales de construcción. El poder adquisitivo de la población es cada vez menor haciendo casi imposible la compra de los materiales, por esta razón surge la necesidad de buscar alternativas y nuevas técnicas que avancen el proceso constructivo y al mismo tiempo se consiga la economía, reduciendo los costos de construcción.

Desde sus inicios la industria de la construcción se ha visto en la obligación de explorar diversos materiales que concilien los más variados aspectos tales como; durabilidad, resistencia, costo, etc.; es así, que en esta constante búsqueda de materiales aglomerantes, destacan como materiales de construcción, los concretos o morteros, pues en ellos se combina de la mejor forma los referidos aspectos de bajo costo, su considerable durabilidad y su adecuada resistencia a la compresión para un uso estructural, sin embargo presentan algunos aspectos negativos como por ejemplo su baja resistencia a la tracción, flexión, la constante fisuración por contracción plástica y un deficiente desempeño en condiciones de cambios de humedad.

En pos de superar los problemas mencionados se han hecho variados esfuerzos, entre los cuales destacan el reforzamiento del concreto mediante fibras, con ello se busca un conveniente, práctico y económico método para superar estas deficiencias que tiene un concreto normal. El concreto reforzado con fibra, contiene materiales fibrosos que aumentan su resistencia estructural. Contiene fibras cortas, de discretos tamaños que son repartidas de manera uniforme y orientadas al azar. Las fibras más usadas en el mercado mundial son las fibras de acero, fibras sintéticas, fibras de basalto y fibras de vidrio, para diferentes solicitaciones.

Frente a todas las aplicaciones de transformación de las fibras de vidrio, es el refuerzo del concreto convencional la que mayor posibilidad de éxito tiene a futuro, dada la actual necesidad de obtener materiales alternativos a los

tradicionales y ante la gran familia de productos de fibra. Cabe resaltar que el empleo de la fibras en morteros de cemento ha aumentado firme y progresivamente desde hace más de 30 años pero, por el contrario, se ha presentado relativamente poca atención a su uso en mezclas de concreto convencionales y a los grandes beneficios que a estas pueden aportar, entre las que podemos mencionar (Muñoz, 2007, pág. 28):

- Distribuyen a toda la masa del hormigón fuertes sollicitaciones locales.
- Inhibe el movimiento de la humedad en el concreto, durante y después de su colocación, obteniendo un concreto más homogéneo y en consecuencia, con una mayor resistencia media global.
- Mejoran la resistencia a los daños, particularmente durante la manipulación de componentes “jóvenes”.
- Mejora la resistencia a la tracción y flexión, consiguiendo eliminar los refuerzos de acero en algunos elementos no estructurales.
- Disminuyen el agrietamiento del hormigón por contracciones plásticas. Algunos estudios realizados muestran que las fibras de vidrio consiguen suprimir las grietas y fisuras por contracción plástica que se presentan generalmente en superficies horizontales, debido a la evaporación excesivamente rápida del agua de la superficie del concreto.

Pese a lo dicho, en nuestro país el conocimiento y utilización de la técnica de reforzamiento del concreto mediante fibra de vidrio es casi inexistente, reflejo de lo cual, es el hecho de que no existen investigaciones locales sobre el tema. Esperamos que este trabajo permita dar a conocer esta técnica y contribuya a expandir su utilización y para ello se analizará la influencia del porcentaje de fibra de vidrio adicionado en las propiedades mecánicas del concreto.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Como consecuencia de los argumentos presentados y que anteceden a estas líneas, el problema de la investigación queda planteado de la siguiente manera:

¿De qué manera influye la adición de fibra de vidrio en la resistencia mecánica del concreto?

1.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.

La adición de fibra de vidrio influye en el incremento de la resistencia mecánica del concreto.

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- La adición de fibra de vidrio influye en el incremento de la resistencia a compresión del concreto.
- La adición de fibra de vidrio influye en el incremento de la resistencia a tracción indirecta del concreto.
- La adición de fibra de vidrio influye en el incremento de la resistencia a flexión del concreto.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar cómo influye la adición de fibra de vidrio en diferentes porcentajes, en el incremento de la resistencia mecánica del concreto.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados.
- Determinar la variación de trabajabilidad en concretos normales y concretos reforzados con fibra de vidrio.
- Determinar la variación del peso unitario en estado fresco y endurecido en concretos normales y concretos reforzados con fibra de vidrio.
- Determinar las diferencias en la resistencia a compresión en concretos normales y concretos reforzados con fibra de vidrio.
- Determinar las diferencias en la resistencia a tracción indirecta en concretos normales y concretos reforzados con fibra de vidrio.
- Determinar las diferencias en la resistencia a flexión en concretos normales y concretos reforzados con fibra de vidrio.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El estudio de los materiales compuestos es, sin duda alguna, sumamente relevante en el ámbito de la Ingeniería Civil, debido a la diversidad de estos en

el mercado, los cuales pueden combinarse para producir una mejora en las propiedades mecánicas de los materiales involucrados en modo sinérgico. El sinérgismo implica que la acción combinada de los materiales es superior a la suma de los efectos por separado, y por lo tanto, ayuda a producir un material superior. A su vez, los materiales compuestos se han utilizado en la construcción desde épocas remotas, donde la adición de fibras en el concreto siempre ha perseguido mejorar algunas de sus propiedades mecánicas.

Asimismo, tanto la situación socioeconómica como el déficit habitacional que tiene muchos sectores de Cajamarca y del Perú, requieren urgentemente de nuevos productos, y a la vez de técnicas de construcción las cuales permitan de modo sinérgico mejorar las propiedades de los materiales, obteniendo resultados de calidad, perdurables en el tiempo, con óptimas respuestas estructurales y sobre todo económicas.

La finalidad para realizar la siguiente investigación es el de determinar en qué grado altera las propiedades mecánicas del concreto al adicionarle fibra de vidrio, sustituyendo a las fibras comerciales para concreto que se encuentra en el mercado (fibras de polipropileno, acero, etc.), esperando obtener un concreto más económico con propiedades mecánicas iguales o superiores a las obtenidas con dichas fibras comerciales pero teniendo en cuenta el tipo de cemento de mayor utilización en Cajamarca y agregados de la zona, dando de esta forma un enfoque real para su utilización en obras locales y nacionales.

1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se realizó en Cajamarca, específicamente en el laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca en el periodo comprendido entre los meses de agosto de 2014 y enero de 2015.

El estudio se encuentra enmarcado en el ámbito de la ingeniería civil, específicamente en el área de Tecnología de Concreto, y se realizará apoyándose en los postulados teóricos y temas de investigación anteriores y de otras partes del mundo, así como las normas vigentes de nuestro país, con el objetivo de analizar el comportamiento mecánico del concreto cuando se le adiciona fibra de vidrio.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se planteará una serie de ensayos tanto a la fibra (dimensión, forma, peso específico, etc.) como al concreto fresco y endurecido (resistencia a la compresión, tracción, flexión, trabajabilidad, peso unitario, etc.). Esperando que sirva como una fuente bibliográfica para otros trabajos de naturaleza similar que se realicen en el futuro, y también como referente en trabajo de campo de la ingeniería civil.

1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.7.1. DELIMITACIONES.

1.7.1.1. ESPACIAL.

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca. Por consiguiente se trató de mantener condiciones reales durante la realización de los ensayos.

1.7.1.2. TEMPORAL.

La investigación se llevó a cabo en el periodo comprendido entre los meses de Agosto de 2014 y enero del 2015.

1.7.1.3. CIENTÍFICA.

El estudio se encuentra enmarcado en el ámbito de la Ingeniería Civil, específicamente en el área de la Tecnología de los Materiales, y se realizó apoyándose en los postulados teóricos de investigadores, así como de normas tanto peruanas como extranjeras (NTP, ACI Y ASTM), con el objetivo de analizar el comportamiento mecánico del concreto al adicionarle diferentes porcentajes de fibra de vidrio como refuerzo (0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio con respecto al volumen del concreto), específicamente la trabajabilidad, el peso unitario del concreto en estado fresco y endurecido, la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión.

La presente investigación se realizó utilizando agregados extraídos de los márgenes del río Chonta del Distrito de los Baños del Inca, de la Chancadora "Roca Fuerte", con cemento Pacasmayo Tipo I, fibra de vidrio Tipo E – MAT450 y agua del Campus Universitario, todos los materiales son de uso comercial en Cajamarca por lo que la investigación está circunscrita en nuestra Localidad.

1.7.2. LIMITACIONES.

La investigación siguiente no considera limitaciones por ser de naturaleza experimental, y su aplicación está basada en las consideraciones mencionadas y tomadas en cuenta durante su desarrollo.

1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Según su aplicación, esta investigación es:

- **De tipo aplicativa:**

Porque utilizó los conocimientos obtenidos en las diferentes investigaciones para llegar al objetivo.

- **De tipo proyectiva:**

Porque está orientada a elaborar una propuesta dirigida a solucionar un problema existente.

- **De tipo experimental:**

Debido a la naturaleza de los datos e información a analizar, puesto que manipularemos las variables para llegar a los objetivos trazados.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este apartado se establecieron un conjunto de aspectos teóricos y conceptuales que permitieron soportar la variable de estudio; “Resistencia Mecánica del Concreto”. Entre éstos aspectos se encuentran los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo de la presente investigación, ha sido necesario realizar una profunda revisión de investigaciones previas relacionadas con el tema, específicamente en concreto con y sin adición de fibras, como antecedentes relevantes en cuanto al tipo de investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, la metodología empleada para las mediciones, las conclusiones y los autores con los cuales se construyeron sus bases teóricas.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES A NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

- Se encontró en primer lugar el trabajo de Grado de El Mosri Quiñones, Juliana y Gómez Escobar, Irene J. (2006), realizado en la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo - Venezuela, titulado: “Análisis de las resistencias de los concretos a los veintiocho días, con la incorporación de la fibra sintética sometidos a compresión pura”, cuyo propósito general fue diseñar una mezcla de concreto adicionando fibra sintética, producto de fibras de polipropileno, y analizar la resistencia de la misma a los veintiocho días sometiéndola a esfuerzos de compresión pura. Como resultado se observó lo siguiente: para la mezcla tradicional sin vibrar y sin fibra sintética, la resistencia aumentó progresivamente alcanzando el valor teórico esperado, a sus 07, 14, 21 y 28 días de la mezcla de resistencia 210 y 250 kg/cm², donde la resistencia por diseño superó a la teórica. En la mezcla tradicional vibrada y sin fibra sintética, la resistencia superó el valor de un diseño de mezcla tradicional sin vibrar, aumentando la resistencia progresivamente a sus 07, 14, 21 y 28 días. En el caso de la mezcla donde se adicionó fibra sintética, con y sin vibrar, la resistencia alcanzó un valor superior a la teórica, logrando este valor a sus 07, 14, 21 y 28 días de la mezcla, de resistencia 210 y 250 kg/cm².

- Del mismo modo, se encontró el trabajo de Grado de Medina Encima, Fernando y Cifuentes Bulté, Héctor. (2007), titulado: "Hormigón reforzado con fibras de polipropileno. influencia de la ductilidad de la fibra sobre la fragilidad y el efecto tamaño". En donde se indica que: La adición de fibras de polipropileno al hormigón, mejora las propiedades mecánicas del mismo. En este sentido se experimenta un aumento de la resistencia característica a compresión y de la resistencia a flexotracción.
- Así mismo que se encontró el trabajo de Grado de Águila Higuero, Victoria (2010) realizado en la Universidad Politécnica de Madrid, titulado: "Características físicas y mecánicas de hormigones reforzados con fibras de: vidrio, carbono y aramida", el cual tuvo como principal propósito analizar y comparar el comportamiento mecánico de dichas fibras, empleadas tanto en el refuerzo de hormigón como de estructuras de éste. La investigadora determinó que las tres fibras de refuerzo estudiadas son bastante eficaces como refuerzo de estructuras de concreto; sin embargo, el costo de las fibras de carbono y aramida es elevado; por ende, se podría reducir su empleo en el esfuerzo de elementos estructurales, más que del propio concreto, pues de este modo sólo se emplearían fibras en zonas localizadas a reforzar.

La importancia de la investigación antes descrita en cuanto a la presente, radica en la exhaustiva revisión de la literatura hecha por la autora de la misma, en la cual se encontró información actual, relevante y oportuna en relación con los tipos de fibras empleados hoy día para reforzar el concreto, lo cual sirvió de orientación para construir el marco teórico de este trabajo, de manera sistemática y organizada para compilar así información sobre la variable objeto de estudio.

- En este mismo orden de ideas, se encontró el Trabajo de Grado de Migdalis Alvarado, (2010), realizado en la Universidad Central de Venezuela, titulado: "Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra de coco mediante ensayos destructivos y no destructivos", cuya finalidad fue evaluar las propiedades mecánicas del concreto reforzado con este tipo de fibra con el objeto de disminuir el peso

de las estructuras y proporcionarle un grado aceptable de resistencia, dándole de esta forma un uso comercial a dicha fibra, en un estudio experimental, descriptivo, comparativo, de campo. Como resultados más relevantes del estudio se encontró que las fibras usadas como refuerzo del concreto que fueron tratadas químicamente con PMMA, ofrecen mejores resultados en la resistencia a la compresión y a la tracción por flexión sometidas a altas temperaturas, que las mezclas reforzadas con la fibra sin tratamiento químico, las cuales ofrecen mejores resistencias a la tracción por flexión en vigas en relación con las mezclas reforzadas con la fibra de coco tratada.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES A NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

- Se encontró el trabajo de Tesis para obtener el título de ingeniero civil de Nishihara Alcocer, José Luis (2012) de la Universidad Continental, titulado: "Influencia de las fibras naturales de maguey a manera de adiciones en el control de fisuras por contracción plástica en los pavimentos rígidos de concreto hidráulico"; en donde se concluye que: que la adiciones de fibras naturales de maguey influye de manera significativa en el control y prevención de las fisuras originadas por contracción plástica mediante un cocido entre dichas fibras, trabajando como una restricción del movimiento de las partículas durante las primeras dos horas del secado del concreto hidráulico, tiempo crítico en donde se produce las fisuras por contracción plástica, por la evaporación del agua originado por el calor de hidratación.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. CONCRETO.

Se define al concreto como una mezcla íntima y homogénea de áridos finos, áridos gruesos, un aglomerante y agua en las debidas proporciones para que fragüe y endurezca. En el momento de su mezclado, pueden añadirse otros productos o materiales para mejorar alguna de sus características determinadas; por ende, existen diferentes tipos de concretos como lo son el ordinario, en masa, armado, pretensado, mixto, ciclópeo, ligero, entre otros (Méndez, 2012, pág. 25).

2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO.

Dado que el concreto es una mezcla de diversos elementos, su adecuada dosificación es indispensable para poder preparar una mezcla que cumpla las normas de calidad requeridas en cada país. Los principales componentes del concreto son cemento, agregados fino, agregado grueso, agua y aditivos, en nuestro caso este sería la fibra de vidrio incorporado a la mezcla de concreto (Díaz, 2005, pág. 03).

2.2.2.1. CEMENTO.

El cemento es el elemento básico de la industria de la construcción, en la que se utiliza como aglomerante en forma de mortero y como componente principal del concreto. Asimismo su uso en la industria está muy diversificado, ya que se utiliza en elementos prefabricados, pavimentos, tubos, presforzados, fibrocemento, entre otros. Existen los cementos naturales que son los que se obtienen a partir de rocas que contienen cal y arcilla, y los cementos artificiales, fabricados con piedra caliza, arcilla y yeso como materias primas. Estos últimos son los de mayor interés económico porque constituyen prácticamente la totalidad de los que se utilizan en la industria. El más importante de los cementos artificiales es el cemento Pórtland (Irving, 2010, pág. 15).

2.2.2.1.1. Cemento Portland.

El Cemento Pórtland no sólo es el tipo de cemento más importante, sino también el más común a nivel mundial. Su nombre se deriva de la semejanza al color gris verdoso de las rocas de dicha región en el Reino Unido. Este material es obtenido mediante la calcinación, a temperaturas ligeramente inferiores a las de fusión, de una mezcla de materiales calizos y arcillosos. El producto obtenido, clínker es un material deshidratado, y es molido con la adición de yeso dando como resultado el producto final: cemento.

Propiamente el cemento hidráulico es aquel que se obtiene de la cocción de materiales calcáreos y arcilla, a una temperatura de 1400-1500 °C, el cual al ser mezclado y amasado con agua, fragua con este último y tiene la propiedad de endurecerse hasta tomar una consistencia pétreo sólida. De esta manera, la resistencia del cemento es el resultado del proceso de hidratación de sus componentes (Irving, 2010, pág. 15-18).

El cemento portland se divide en cinco categorías normadas por las especificaciones del ASTM, de normas APRA el Cemento Portland (C150), y las Normas Técnicas Peruanas [NTP 334.009-2013], cada categoría posee características físicas y químicas específicas (Flavio, 2009, pág. 17).

- **Cemento tipo I:** De uso general en la construcción, cuando en las mismas no se especifican la utilización de los otros 4 tipos de cemento. Se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. Sus aplicaciones más importantes son:
 - ✓ Obras de concreto y concreto armado en general.
 - ✓ Estructuras que requieran un rápido desencofrado.
 - ✓ Concreto en clima frío.
 - ✓ Productos prefabricados, pavimentos y cimentaciones.
- **Cemento tipo II:** Se utiliza en obras de concreto en general y cuando se espera un ataque moderado de los sulfatos o cuando se requiere un calor de hidratación moderado, para lograr este tipo de características se regulan la cantidad máxima de silicato tricálcico (C_3S) y aluminato tricálcico (C_3A), este cemento alcanza una resistencia similar al cemento Tipo I pero requiere más tiempo de fraguado.
- **Cemento tipo III:** Este desarrolla una alta resistencia en un tiempo menor, en 7 días tiene la misma resistencia que un concreto tipo I o II en 28 días. Para lograr este rápido fraguado se aumentan las cantidades de silicato tricálcico (C_3S) y aluminato tricálcico (C_3A). Este cemento desprende grandes cantidades de calor por lo que no es recomendado para chorreas masivas.
- **Cemento tipo IV:** Este es un cemento de secado lento por lo que no genera gran cantidad de calor de hidratación siendo ideal para chorreas masivas que no requieran una alta resistencia inicial, para lograr esto se regulan las cantidades de silicato tricálcico (C_3S) y aluminato tricálcico (C_3A), ya que estos son los elementos que se encargan de fraguado inicial por lo que liberan la mayor cantidad de calor de hidratación.

- **Cemento tipo V:** Este es un cemento con gran resistencia al ataque de sulfatos, por lo que es muy utilizado en estructuras hidráulicas expuestas a aguas con gran concentración de álcalis o estructuras expuestas a agua de mar. Para lograr esto se reduce la cantidad de aluminato tricálcico (C_3A) ya que este es el componente más vulnerable a los sulfatos.

2.2.2.2. AGREGADOS.

Se definen como materiales que constituyen entre el 60 y el 80% del volumen total del concreto y se usan con un medio cementante como la lechada, para formar mortero o concreto. Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta al cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Debido a esto, tienen gran influencia tanto en el costo económico como en las propiedades del concreto, fresco o endurecido. Las propiedades físicas que podrían ser afectadas incluyen el peso unitario, la trabajabilidad, el módulo de elasticidad, resistencia, contracción, flujo, comportamiento térmico y durabilidad. Dentro de los agregados se encuentran dos clasificaciones: agregado gruesos (grava) y agregado finos (arena) (Méndez, 2012, pág. 25).

A. Agregado Fino:

también llamado arena, se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm ($N^{\circ} 3/8''$) y queda retenido en el tamiz 0.074 mm ($N^{\circ} 200$); además de cumplir con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33.

El contenido de agregado fino normalmente oscila entre 35% al 45% por masa o volumen total del agregado, según sea el diseño. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera y no debe tener más de 5% de material más fino que la malla $N^{\circ}200$ (Méndez, 2012, pág. 26).

B. Agregado Grueso:

También llamado grava, se define como las partículas de grava o piedra partida de origen natural o artificial, que es retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33. El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del mismo.

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa, químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, no debe tener más de 1% de material más fino que la malla N°200.

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼" (Méndez, 2012, pág. 26).

2.2.2.3. AGUA.

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, cumple con dos funciones vitales en el desarrollo de la mezcla, como agua de mezclado y como agua de curado. Para la primera, casi cualquier agua natural potable, sin tener un sabor u olor notable, puede servir para el mezclado, pues el agua cuando funciona como un ingrediente en la fabricación de la mezcla ocupa entre 10% - 25% de cada m³ producido. Se debe evitar que esté contaminada de sulfatos pues estos son agresivos al cemento. Si no se tiene cuidado en eliminar las impurezas excesivas contenidas en el agua de mezcla, estas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la constancia de volumen, sino que a su vez pueden producir eflorescencia o corrosión del refuerzo (Méndez, 2012, pág. 26).

2.2.2.3.1. Agua de mezclado.

Es el agua que reacciona con el cemento, produciendo su hidratación, asimismo, actúa como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla de concreto.

El agua de mezclado asegura el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación. La hidratación completa del cemento requiere del 22 - 25%, del agua de mezclado.

Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras de acero componentes del concreto armado (Méndez, 2012, pág. 27).

2.2.2.3.2. Agua de curado.

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras (Méndez, 2012, pág. 27).

2.2.2.3.3. Relación agua: material cementante.

De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida (Méndez, 2012, pág. 27).

$$\boxed{R = a/c} \dots\dots\dots (1)$$

R: Relación agua/ material cementante.

a: masa de agua del concreto fresco.

c: masa del material cementante del concreto fresco.

Cuanto más baja es la relación a/c tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida, si en cambio esta relación es mayor, habrá mayor cantidad de poros capilares en la pasta de cemento, logrando el incrementando de la permeabilidad y reduciendo la resistencia.

Según Enrique Pasquel C. (2011), afirma que:

- Para $a/c > 0.42$ sobra agua de hidratación y todo el cemento se hidrata.
- Para $a/c = 0.42$ no sobra agua de hidratación.
- Para $a/c < 0.42$ queda cemento sin hidratar.

2.2.3. FIBRAS.

Las fibras, en el sentido más amplio, son los filamentos de cuerpo plástico, flexible y resistente. Asimismo, poseen una gran finura con un cuerpo macroscópicamente homogéneo y una relación largo-ancho bastante alta con una pequeña sección transversal. Entre los usos más comunes es la fabricación de hilos y tejidos.

Para poder clasificar a un elemento como fibra, depende más de su forma y geometría que cualquier otra propiedad. Una definición común requiere que la longitud de la fibra sea por lo menos 100 veces su diámetro, y será mejor mientras más alta sea esta relación ($\text{Longitud} / \text{Diámetro} \geq 100$). Las fibras artificiales se pueden fabricar con cualquier relación largo - diámetro deseado. Entre las fibras naturales se encuentran longitudes de 1000 a 3000 veces el diámetro (Irving, 2010, pág. 21).

2.2.3.1. CLASIFICACIÓN DE FIBRAS.

Convenientemente las fibras se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo a su origen y creación, ya sea encontrado naturalmente o hecha por el hombre, también llamados artificiales.

2.2.3.1.1.FIBRAS NATURALES.

Las fibras naturales son aquellas que se encuentran, como su nombre indica, en la naturaleza y se pueden clasificar en tres grupos de acuerdo a su origen dentro de la misma. Se puede mencionar que las más prominentes a este grupo son el algodón y la lana (Irving, 2010, pág. 22).

A. Fibra animal.

Como su nombre implica, son aquellas fibras provenientes de los animales. Probablemente la más común es la lana, que no es más que el pelo de la oveja. Sus propiedades y versatilidades la hacen apta en múltiples aplicación.

También se tiene la seda, que es la secreción de algunos insectos como por ejemplo la larva. La seda es la única que se obtiene como filamento continuo, a diferencia de las demás fibras naturales que poseen una longitud finita. Por último se comprende el pelo de los animales ya que es utilizado en alfombras, tapicería, etc. (Irving, 2010, pág. 22).

B. Fibra vegetal.

Son aquellas fibras procedentes de las plantas y sus derivados, lo cuales, de acuerdo a su procedencia se tiene (Irving, 2010, pág. 23):

- **De la semilla o fruto:** Aquí se encuentra el algodón, el cual es la fibra vegetal más importante. También se incluye la seda vegetal, que se emplea como relleno y se mezcla con otras fibras.
- **De las hojas:** Éstas son denominadas como fibras duras, las cuales son poco flexibles pero muy resistentes.
- **Del tallo:** Esto da origen a las fibras vegetales largas. Entre las más importantes de este tipo se encuentra: el lino que al ser hilado, es ampliamente utilizado en la industria textil; y el cáñamo con cualidades parecidas al lino, que comúnmente es utilizado para fabricar cuerdas.

C. Fibra mineral.

De las fibras naturales, este tipo es el único que no proviene de seres vivientes. La única fibra natural de origen mineral es el asbesto, que es también conocido como amianto (Irving, 2010, pág. 23).

2.2.3.1.2. FIBRAS ARTIFICIALES.

Las fibras artificiales, o sintéticas, han sido el resultado de la innovación química y científica como respuesta a la fabricación de fibras con propiedades mejoradas o deseadas en comparación con las que se pueden obtener

naturalmente. Como consecuencia, estas fibras de polímeros sintéticos han ido desplazando a las fibras naturales y minerales.

Entre las características que se resaltan de estas fibras se encuentra: una gran resistencia a tensión y al desgaste, no se pudren, no lo ataca la polilla, tienen resistencia al moho y a los agentes químicos, son ligeras, entre otros. Asimismo, las propiedades físicas y químicas dependerán del grupo al que pertenezcan las fibras.

De acuerdo a su naturaleza, las fibras artificiales se dividen en dos grandes grupos, las orgánicas y las inorgánicas (Irving, 2010, pág. 23-25).

A. Fibras orgánicas.

Estas se subdividen en celulósicas y sintéticas puras.

- **Celulósicas:** Se producen a partir de polímeros naturales, en especial la celulosa.
- **Sintéticas:** Se obtienen de diversos polímeros que no se encuentran en la naturaleza, y se producen de forma artificial.

B. Fibras inorgánicas.

Estas comprenden las fibras metálicas y de vidrio, entre otras.

- **Fibra metálica:** Están constituidas por una delgada lámina de metal recubierto de resina sintética. Su uso más común es tejer ciertas telas de fantasía.
- **Fibra de vidrio:** su composición es semejante a la del vidrio común, pero se produce en filamentos muy finos de pocos centímetros de longitud o bien en forma de hilo. Debido a la importancia de este material en la siguiente investigación, se contempla mayor información específica de la misma en una sección más adelante.

2.2.3.2. TIPOS DE FIBRAS.

Entre los tipos de fibras más utilizados en la industria se encuentra las fibras de carbono, las fibras de metal, las fibras de asbestos, la fibra de vidrio, entre otras (Irving, 2010, pág. 25-28).

2.2.3.2.1. Fibra de carbono.

La fibra de carbono fue desarrollada a finales de 1950. Sin embargo su alto costo lo restringió al uso para aplicaciones militares o aeroespaciales. Actualmente el costo de estas fibras ha disminuido, no obstante sigue siendo más costoso que la fibra de vidrio debido al proceso de fabricación y sus propiedades físicas y mecánicas codiciadas porque posee una alta rigidez y resistencia combinadas con un bajo peso.

La fabricación de los monofilamentos de carbono es bastante compleja. Este involucra un material orgánico alto en carbono el cual está sujeto a una combinación de estiramiento y carbonización en una atmósfera inerte a altas temperaturas. Distintos procesos dan origen a diferentes tipos de fibra de carbono (Irving, 2010, pág. 26).

2.2.3.2.2. Fibras de metal.

Los metales usualmente se han utilizado en forma de cables y torones, pero también se cuenta con filamentos continuos de pequeño diámetro, donde su mejor uso ha sido en las llantas de los vehículos. Varios metales han sido fabricados en filamentos, como el acero, berilio y el tungsteno.

Por las propiedades que confieren al concreto, las fibras de acero constituyen una armadura muy efectiva en la realización de pavimentos, losas y en muchas de las aplicaciones del hormigón proyectado. Fabricadas a partir de alambre trefilado, de acero bajo en carbono y caracterizadas por su elevado límite elástico (800-1500 MPa), permiten sustituir por completo el armado tradicional del concreto a base de mallazos y acero corrugado (Irving, 2010, pág. 27).

2.2.3.2.3. Fibra de Asbesto.

El asbesto es muy conocido, tanto por sus usos y aplicaciones así como por el potencial riesgo a la salud que pueden ocasionar. Es un mineral metamórfico fibroso y está compuesto de silicatos en cadena doble. Asimismo las fibras de asbesto son de color grisáceo o verdoso debido a ciertas impurezas presentes. Los minerales de asbesto tienen fibras largas y resistentes que se pueden separar y son suficientemente flexibles como para ser entrelazadas y también resisten altas temperaturas.

El asbesto no se quema, no se pudre, posee una alta resistencia tensorial así como resistencia a los ácidos, bases, el calor y las llamas. Estas excelentes propiedades aislantes, mecánicas y químicas combinadas con su relativo bajo costo, fueron las razones por la cual el material obtenía numerosas aplicaciones industriales, además el hecho que haya sido un componente durante muchos años de varios productos o acabados industriales al ser mezclado con cemento, formando el fibrocemento, con el que se pueden moldear tubos, ductos, placas onduladas, láminas planas y corrugadas, baldosas para piso y otros objetos de poco espesor. Además, existen numerosos yacimientos en todo el planeta y su costo de extracción es relativamente bajo.

Sin embargo se ha determinado que la fabricación de productos relacionados con el asbesto provoca cáncer con una elevada mortalidad debido a que la inhalación de asbestos puede producir asbestosis, y por lo tanto, desde hace décadas, se ha prohibido su uso en la mayoría de países, aunque se continúa utilizando en algunos países en vías de desarrollo (Irving, 2010, pág. 27-28).

2.2.3.2.4. Fibra de vidrio.

Hace muchos años el vidrio sólo se utilizaba como un elemento en ventanas o puertas para dejar entrar luz, y también poseía fines estéticos y ornamentales. En la época moderna, el vidrio se está utilizando también como material estructural en la forma de fibra de vidrio con resina poliéster lo cual forma un composite versátil (Irving, 2010, pág. 30).



Figura N° 01: Fibras de vidrio tipo MAT.

A. DEFINICIÓN.

La fibra de vidrio es un material hecho a base de filamentos finos de vidrio. Se obtiene al hacer fluir el vidrio fundido a través de una serie de agujeros finos que, al solidificarse, se obtiene el material con suficiente flexibilidad como para ser usado como una fibra. Asimismo, las fibras de vidrio están cubiertas con un apresto que no solo protege dicha fibra, sino también mejora la adherencia que esta tenga con la resina poliéster. Cada componente de una fibra individual se llama monofilamento y comúnmente posee un diámetro de alrededor $10\ \mu\text{m}$ ($10^{-6}\ \text{m}$). Los filamentos pueden ser mucho más delgados que un pelo humano y puede parecer que posee la textura de la seda.

Se utilizan cientos de monofilamentos para enrollarlos y formar un segmento de fibra. Luego estos segmentos se unen para formar hilos. Estos hilos son tejidos para fabricar telas flexibles con variedad de patrones para acoplarse al refuerzo adecuado (Irving, 2010, pág. 31).

B. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS.

La principal ventaja estructural de la fibra de vidrio es la alta resistencia en la dirección del refuerzo. Sin embargo esta ventaja se encuentra con una serie de problemas provenientes de la baja rigidez, la cual puede resultar en un deslizamiento en corte. Una de las propiedades inherentes del vidrio como tal es que este tiende a ser muy quebradizo. Sin embargo en la fibra de vidrio el pequeño diámetro de los monofilamentos permite la flexibilidad de los hilos, a pesar de lo quebradizo que es el propio vidrio.

La fuerza del vidrio usualmente se ensaya para las fibras vírgenes, las cuales son aquellas que recién se han fabricado. Las fibras más frescas y delgadas son las más fuertes debido a que las fibras delgadas son más dúctiles. Mientras más se estire la superficie, mayor resulta la tenacidad. Debido a que el vidrio posee una estructura amorfa, las propiedades son las mismas a lo largo y a lo ancho de la fibra. La humedad presenta un factor importante para el esfuerzo a tensión. Asimismo, la humedad es fácilmente absorbida y es un factor despreciable, por lo tanto las moléculas de agua son retenidas en la superficie del material y pueden empeorar fisuras microscópicas y defectos en la superficie, así como disminuir la tenacidad (Irving, 2010, pág. 32).

C. TIPOS DE FIBRAS DE VIDRIO.

- **Fibra de Vidrio R (Alto Desempeño Mecánico):**

Este tipo de filamento fue creado a pedido de sectores como aviación, espacio y armamentos. Satisface las exigencias de ellos en términos de comportamiento de materiales en relación a fatiga, temperatura y humedad. Debido a su alto desempeño técnico puede ser utilizado para reforzar láminas de rotor de helicópteros, pisos de aviones, tanques de combustible de aviones, proyectiles y lanzadores de proyectiles.

Desarrollado principalmente para estas aplicaciones, también encontró otras salidas, por ejemplo, en la industria de deportes y recreación, transporte y blindaje balístico (Bravo, 2003, pág. 20).

- **Fibra de Vidrio D (Características Dieléctricas Muy Buenas):**

Compuestos a partir de vidrio D tiene muy bajas pérdidas eléctricas y son entonces usados como un material que es permeable a ondas electromagnéticas, con beneficios muy importantes en términos de características eléctricas. La fibra de vidrio D es usada en la fabricación de ventanas electromagnéticas, y superficies de circuitos impresos de alto desempeño (Bravo, 2003, pág. 20).

- **Fibra de Vidrio C:**

La fibra de vidrio tipo C, es usado para la producción de Mats de vidrio, roving o mechas, tejidos de fibra, hilos cortados, entre otros, para las cuales son requeridas propiedades de resistencia tanto a la fisuración y agrietamiento como a la corrosión (como capa externa anticorrosiva de tubos y para superficies de tubos compuestos), que hacen de ellas el refuerzo ideal para los materiales compuestos de matriz inorgánica.

Una comparación entre las propiedades mecánicas de los distintos tipos de vidrio puede ser apreciada en la **Tabla N° 01**, que se muestra a continuación (Bravo, 2003, pág. 21).

Tabla N° 01: Propiedades mecánicas de los tipos de fibras de vidrio.

PROPIEDADES	FIBRA DE VIDRIO TIPO:			
	D	R	AR	E
Densidad (gr/cm ³)	2.14	2.53	2.68	2.60
Resistencia a la Tensión (Mpa)	2500	4400	3000	3400
Modulo elástico (Gpa)	55	86	72	72
Resistencia a la Ruptura (%)	4.5	5.2	4.3	4.5

Fuente: *Comportamiento del hormigón con fibra- Bravo Celis (2003), pag.21.*

- **Fibra de Vidrio AR (Resistente a Álcali):**

El vidrio AR fue desarrollado especialmente para reforzar cemento. Su alto contenido de óxido de zirconio ofrece resistencia excelente para los compuestos alcalinos durante el secado. El refuerzo de cemento con filamentos de vidrio AR da módulos mejorados de ruptura y elasticidad con buena durabilidad. Esto significa que el modelado hecho en cemento con refuerzo de vidrio puede ser mucho más leve. Sus aplicaciones principales son: sustitución de asbesto en tejados y coberturas, paneles de revestimiento y componentes de construcción (Bravo, 2003, pág. 20).

- **Fibra de Vidrio E (De uso comercial):**

Un pionero Desde 1930, la fibra de vidrio ha sido considerada uno de los materiales del futuro debido a sus cualidades dieléctricas: el aislamiento de conductores eléctricos sometidos a temperaturas altas era ofrecido por los filamentos de vidrio E. Usado solo o en asociación con barniz o resinas sintéticas, fue su primera aplicación industrial en gran escala. La fibra de vidrio E es el tipo más comúnmente usado, tanto en la industria textil, como en compuestos donde responde por el 90% de los refuerzos usados.

En los años recientes fue creada la fibra de vidrio tipo AR, la cual posee la resistencia a compuestos alcalinos con una resistencia a tensión y módulo de elasticidad similar al tipo E. Esto se debe al óxido de circonio como un material acoplante incluido en la composición de la fibra y fue creado principalmente para reforzar el cemento ya que dichos componentes alcalinos se ven presentes durante la hidratación

y el secado. Está claro que las fibras tipo E sufren cierto deterioro en su superficie debido al ataque químico de los alcalinos, pero esto no solo es poco apreciable sino también puede mejorar la interface fibra-matriz al crear una mejor adherencia debido a una superficie microscópicamente rugosa. Sin embargo, la fibra tipo AR no está disponible en el país y donde se pueda encontrar su precio es más elevado. Asimismo la única substancia que realmente ataca a la fibra de vidrio es el ácido fluorhídrico, el cual es muy poco probable que entre en contacto con las fibras de vidrio cubiertas con concreto (Bravo, 2003, pág. 19).

D. CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE HILADOS COMERCIALES DE LAS FIBRAS DE VIDRIO.

- **Roving o Mechas:**

Sencillamente se les puede describir como hilos de fibra unidos en haces o enrollados, que son presentados en el mercado a modo de bobinas u ovillos de devanado (rollos de hilos de fibra) interior u exterior (ver Figura N° 02). Se presentan de dos tipos: duros y blandos. Los de tipo duro poseen un ensimaje compatible con la mayoría de resinas de impregnación. En cambio, en los de tipo blando, los filamentos elementales se separan fácilmente y pueden ser mojados con mayor rapidez (Morales, 2008, pág. 9).

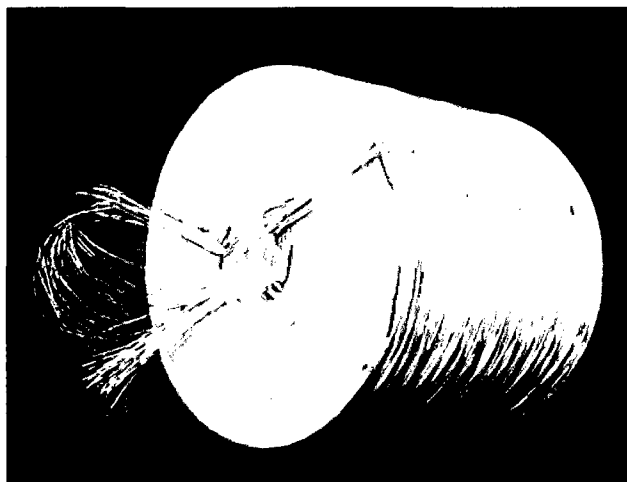


Figura N° 02: Fibras de vidrio con hilada tipo Roving o Mechas.
Fuente: Manual de ventas de CPIC FIBERGLASS.

- **Mat:** Son hilos de base continuos o discontinuos cortados, entrelazados caóticamente, aglomerados y prensados, constituyendo una Manta o Estera (ver Figura N° 03) que tiene muy buen poder de absorción de las resinas de poliéster. Se encuentran en rollos de 1 a 1.5 metros de ancho y en diferentes gramajes. Se denominan en peso por metro cuadrado; los más usuales son los de 300, 450, 600, y 900 gr/ cm², es decir:

“Si tenemos un tipo de fibra con hilada **MAT 450**, quiere decir que esta tiene 450 gramos de fibra de vidrio en un metro cuadrado de Manto o Estera”.

Se debe decir que la resistencia que ofrecen estos filtros de fibras cortadas al azar es igual en todas direcciones (Morales, 2008, pág. 8).



Figura N° 03: Fibras de vidrio con hilada tipo MAT.
Fuente: Manual de ventas de CPIC FIBERGLASS.

- **Tejidos:** Cabos, más o menos gruesos, de un número elevado de hilos que se entrecruzan perpendicularmente entre sí. Se emplea como material de mayor refuerzo y se coloca entre dos capas de MAT. Su consumo aproximado es de 1 Kg. de resina por 1 Kg. de tejido (Morales, 2008, pág. 9).
- **Hilos cortados:** De longitudes alrededor de 30 cm, empleados para la preparación de “Premix” (mezcla de resina con hilos). Se utilizan en la fabricación de piezas moldeadas mediante prensa en caliente, también como refuerzo en piezas de escayola (Morales, 2008, pág. 9).

E. USOS.

La fibra de vidrio ha tenido un uso extenso entre los plásticos, mediante la combinación y mezcla con resinas que tienen un fraguado térmico, también llamados termofijos. Los plásticos reforzados con fibra de vidrio son muy resistentes y ligeros. Entre los usos más cotidianos que se le ha dado a la fibra de vidrio, debido a la versatilidad en la fabricación y moldeabilidad, es en la fabricación de artesas para baños, jacuzzis, parachoques y piezas de autos, carcasas de barcos, etc. Aproximadamente el 90% de los barcos y yates de recreación y el 40% de las cañas de pescar están hechos con fibra de vidrio.

Mediante el uso de la resina como matriz adecuada, los trozos largos o las fibras largas y continuas se pueden unir sin tejer para formar un tapete que se comportaría como un intermedio entre las fibras cortas dispersas y la tela propiamente tejida.

La fibra de vidrio también se usa como aislamiento eléctrico y térmico. Cuando se utiliza en grandes cantidades sirve para fabricar filtros de aire y para aislar el calor y el sonido.

Se ha utilizado para fabricar repellos estructurales y ahora es utilizado para fabricar un concreto reforzado como se encuentra en este trabajo de investigación. Entre las razones por la cual se utilizó la fibra de vidrio en este trabajo son las siguientes (Irving, 2010, pág. 34-36):

- ✓ La fibra de vidrio es accesible y costeable, así como disponible.
- ✓ Es un buen aislante térmico.
- ✓ Inhibe el movimiento de la humedad en el concreto, durante y después de su colocación, obteniendo un concreto más homogéneo y en consecuencia, con una mayor resistencia media global.
- ✓ El vidrio tiene una estructura amorfa, por lo tanto sus propiedades son iguales tanto a lo largo de la fibra como a través de la fibra debido a la falta de regularidad en el ordenamiento de sus partículas.
- ✓ En comparación con la fibra de carbono, la cual es muy costosa y difícil de conseguir, la fibra de vidrio posee una resistencia a tensión parecida a esta.

- ✓ Al igual que la fibra de polipropileno, posee resistencia a los agentes atmosféricos y ambientales y no sufren degradación alguna.
- ✓ Disminuyen el agrietamiento del hormigón por contracciones plásticas. Algunos estudios realizados muestran que las fibras de vidrio consiguen suprimir las grietas y fisuras por contracción plástica que se presentan generalmente en superficies horizontales, debido a la evaporación excesivamente rápida del agua de la superficie del concreto.
- ✓ Mejoran la resistencia a los daños, particularmente durante la manipulación de componentes jóvenes.
- ✓ Mejora la resistencia a la tracción / flexión, consiguiendo eliminar los refuerzos de acero en algunos elementos no estructurales.

2.2.4. CONCRETO REFORZADO CON FIBRA (CRF).

2.2.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS.

Los materiales de concreto reforzado con fibra (CRF) se definen como compuestos con cemento hidráulico, agregados de diferentes tamaños, y la incorporación de fibras discontinuas discretas. En el concreto reforzado con fibra, las fibras pequeñas y discontinuas, están distribuidas más o menos uniformemente en toda la masa del concreto, con orientaciones normalmente aleatorias (Dávila, 2010, pág. 5).

La norma ASTM C 1116, que trata sobre Terminología para Cemento y Concreto, define las fibras como: "Filamentos finos y elongados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de concreto fresco." El ACI 544 considera como fibras para el concreto los filamentos discontinuos de acero, las fibras sintéticas, las de vidrio y las naturales.

A diferencia del concreto reforzado convencional, en el CRF las propiedades mecánicas tienen un carácter isótropo, no dependiente de la orientación y concentración del refuerzo en determinada zona. Las fibras al reducir las pequeñas grietas que siempre se producen en la matriz del concreto, aumentan la resistencia a la fisuración y la ductilidad del material, así como en grado

pequeño, la resistencia a tensión. Las ventajas principales del CRF son su resistencia al impacto, su resistencia a esfuerzos térmicos, su resistencia al desgaste y astillamiento y su elevada capacidad de absorción de energía (Dávila, 2010, pág. 5).

El concreto reforzado con fibras es un material de múltiples fases, que contiene pasta de cemento (partículas hidratadas), agua, agregados, aditivos y fibras. En términos generales, las propiedades mecánicas y físicas de un sistema compuesto dependen de las propiedades de sus componentes y de la interacción mecánica, física y química entre ellos.

2.2.4.1.1. Propiedades Físicas del CRF.

Dentro de estas propiedades se puede mencionar la trabajabilidad del concreto, que de acuerdo con el ACI 116 (1990), es aquella propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado.

La homogeneidad y uniformidad, la consistencia, la estabilidad y la compacidad en conjunto se complementan para ofrecer una perspectiva global de su trabajabilidad (ACI 116, 1990).

A. Homogeneidad y uniformidad.

La homogeneidad es una condición necesaria para que una mezcla de concreto pueda considerarse trabajable, en el curso de todas las operaciones en las que sea sometida. Si el concreto no llega homogéneo al sitio de la colocación, se puede atribuir con certeza a que presenta una deficiencia de trabajabilidad en la mezcla, por lo que debe de corregirse.

La verificación de la uniformidad del concreto, de revoltura a revoltura, es un instrumento fundamental para el control de la calidad durante la producción y uso del concreto. Las pruebas más comunes para evaluar estas características son el revenimiento con la norma NTP 339.04, el peso unitario del concreto con la norma NTP 333.046, contenido de aire con la norma NTP 339.046 y la contracción plástica con las recomendaciones del ACI 544.2R - 89 "Informe sobre la medición de las propiedades de la Fibra de hormigón armado", 1989 (Dávila, 2010, pág. 6).

La falta de homogeneidad de la mezcla de concreto se debe a:

- ✓ El sistema de carga, el orden y rapidez con que se introducen los ingredientes.
- ✓ El tiempo de mezclado.
- ✓ El volumen de materiales para fabricación en relación a la capacidad del equipo.
- ✓ El sistema y condiciones de descarga del concreto de la mezcladora.
- ✓ Las características del equipo para fabricación del concreto.

B. Consistencia (Cohesión y Viscosidad).

El ACI 116 (Terminología para Cemento y Concreto, 1990) identifica la consistencia del concreto recién mezclado con su relativa movilidad para fluir, y admite que la manera más usual para evaluarla es por medio de la prueba del revenimiento o Slump. La prueba de revenimiento, es un ensaye prácticamente estático en el que la muestra de concreto se deforma exclusivamente por efecto de la reducida energía potencial de la propia muestra. Por tal motivo no se espera su uso en mezclas de concreto duras, y sólo resulta aplicable en mezclas que requieren poco esfuerzo para deformarse y comenzar a fluir, tales como las de consistencia semi plástica en adelante.

La cohesión se representa por la resistencia que la mezcla opone para deformarse e iniciar el flujo. Lo deseable es que las mezclas de concreto fluyan con facilidad, pero permaneciendo homogéneas.

El tipo de concreto y la consistencia con que deben elaborarse las mezclas, normalmente se definen de acuerdo con las características de la estructura, o elemento de concreto por colar, y las condiciones de exposición y servicio. Una vez hecha esa definición, deben seleccionarse los equipos y procedimientos adecuados para mezclar, conducir, colocar y compactar satisfactoriamente y sin segregación el concreto.

La prueba estándar de revenimiento o Slump (NTP 339.035) utiliza un molde troncocónico, cuyo volumen es de aproximadamente 6 litros. La

prueba consiste en llenar el molde en 3 capas con concreto, cada capa consolidada por 25 golpes con una varilla de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud y de punta hemisférica; y retirar el molde verticalmente a fin de permitir que la masa de concreto se asiente, siendo la magnitud de este asentamiento la medida de la consistencia de la mezcla. La **Figura N° 04** muestra un esquema de la prueba de revenimiento.

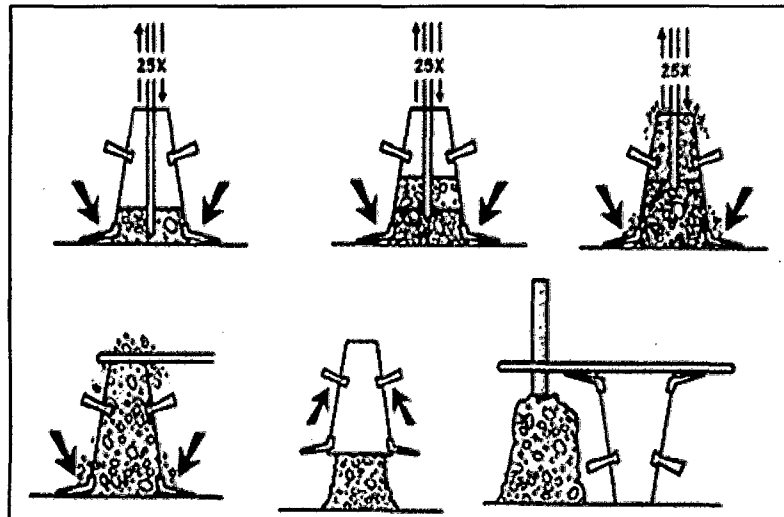


Figura N° 04: Prueba de Revenimiento o Slump.
Fuente: Dávila, 2010.

C. Estabilidad (Segregación y Sangrado).

Se considera que una mezcla de concreto se comporta como una suspensión estable, en la medida que se opone a perder su homogeneidad original en el lapso comprendido desde que abandona la mezcladora hasta que adquiere el fraguado en su posición final, ya colocada dentro de la estructura en obra.

En una mezcla de concreto como suspensión estable, es posible considerar que puede llegar a perder homogeneidad por dos razones; la pérdida obedece a factores de índole interna y la que se produce como consecuencia de acciones externas. En el primer caso la homogeneidad se manifiesta por los fenómenos de asentamiento y sangrado, y el segundo caso es la separación parcial de los agregados presentes en la mezcla de concreto, la cual es conocida como segregación de la grava o agregado grueso (Dávila, 2010, pág. 7- 8).

- **Segregación del concreto.**

El fenómeno de segregación representa el estado opuesto de la homogeneidad y suele reservarse para el caso en que una parte de la grava se separe ostensiblemente de la masa de concreto originalmente homogénea.

El tamaño máximo de la grava juega un papel muy importante en la tendencia a la segregación de las mezclas de concreto, pues el riesgo de que las gravas segreguen se incrementa considerablemente al aumentar su tamaño y su correspondiente masa, lo cual es aún más crítico cuando el peso específico de la grava es alto.

- **Sangrado del concreto.**

El sangrado del concreto es un hecho natural y se considera que un sangrado moderado no resulta perjudicial al concreto si se manifiesta en forma normal. Un sangrado puede ser de cierta utilidad en estructuras con gran superficie expuesta, pues evita el resecamiento superficial del concreto y su posible agrietamiento por contracción plástica, antes de que se realicen los acabados y de curado.

D. Compacidad.

Se define la compactación como el proceso según el cual un volumen de concreto recién colado se reduce al espacio mínimo, por medio de vibración, centrifugación, apisonamiento, o una combinación de estas acciones, para moldearlo dentro de las cimbras y alrededor del acero de refuerzo y de otras partes embebidas, y para eliminar las burbujas del aire atrapado, pero no las del aire incluido intencionalmente en la mezcla con aditivos (ACI 116 "Terminología para Cemento y Concreto", 1990).

Una alta compacidad, conduce a un alto peso unitario del concreto. Éste, depende en buena medida de la calidad y cantidad de los materiales que integran el concreto, lo cual depende a su vez de la densidad del material.

Si se desea que un concreto sea compacto, denso, homogéneo, resistente y durable, se requerirá de:

- ✓ El empleo de un cementante de buena calidad y la aplicación de bajas relaciones agua/cemento.
- ✓ El uso de agregados densos, poco porosos y bien gradados.
- ✓ Usar un bajo contenido de agua de mezclado, lo que se logra empleando aditivos reductores de agua.
- ✓ Un adecuado manejo, colocación y compactación del concreto dentro de la cimbra o acero de refuerzo.
- ✓ Una aplicación correcta y continua del curado después de la colocación y del fraguado final del concreto.

2.2.4.1.2. Propiedades Mecánicas del CRF.

La resistencia mecánica que potencialmente puede desarrollar el concreto depende de la resistencia individual de los agregados y de la pasta de cemento endurecida, y de la adherencia que se produce entre ambos materiales. La proporción de vacíos en el concreto endurecido tiene un efecto decisivo en su resistencia mecánica.

Las propiedades mecánicas se clasifican en:

Propiedades instantáneas o de corta duración:

- Resistencia a compresión.
- Módulo de elasticidad y relación de Poisson.
- Resistencia a tensión por compresión diametral.
- Esfuerzo de flexión.
- Resistencia al Impacto.

Propiedades de larga duración:

- Contracción por Secado.

A. Resistencia a compresión.

Las fibras en bajas fracciones de volumen (alrededor de 0,1% en el volumen que se suelen utilizar en la construcción) no tienen ningún efecto medible sobre la resistencia a la compresión.

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con su resistencia a compresión, porque ésta representa la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos, de modo

que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar esta propiedad del concreto. La calidad del concreto endurecido se verifica mediante pruebas de resistencia a compresión realizadas en cilindros fabricados, curados y probados de acuerdo con las normas NTP 339.034.

Es evidente entonces, que no hay ninguna razón de utilizar las fibras para tratar de aumentar la resistencia a la compresión del concreto. Sin embargo, las fibras conducen a grandes aumentos en la tenacidad del concreto (medida como el área bajo la curva esfuerzo vs deformación), es decir, las fibras tienden a aumentar la deformación a la carga, y proporcionan una gran cantidad de absorción de energía en la región después de los picos de la curva esfuerzo vs deformación. La presencia de fibras altera el modo de falla de los cilindros haciendo que el concreto sea menos frágil, presentando una falla tipo dúctil (Banthia, 1994, pág. 24).

B. Módulo de elasticidad “E”.

El módulo de elasticidad, denotado por medio del símbolo E, es la razón entre el incremento de esfuerzo y el cambio correspondiente a la deformación unitaria. Si el esfuerzo es una tensión o una compresión tiene el mismo valor, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico, el cual se encuentra aproximadamente en el 40% del esfuerzo máximo. Tanto el módulo de elasticidad como el límite elástico, son naturalmente distintos para diferentes materiales. El hecho de que la variación de deformación unitaria sea directamente proporcional a la variación del esfuerzo, siempre que no se sobrepase el límite elástico, se conoce como ley de Hooke.

El módulo de elasticidad del concreto puede variar en función de diversos factores tales como el estado de humedad y de compactación del concreto, la relación agua/cemento, edad de la pasta y las características de los agregados principalmente (Dávila, 2010, pág. 10).

C. Resistencia a tensión por compresión diametral o Tracción Indirecta.

La resistencia a tensión del concreto depende también de las resistencias a tensión propias de la pasta de cemento y de los agregados, y de la

adherencia que se genera entre ambos. Para medir la resistencia a tensión indirecta, se llevan a cabo pruebas mediante el ensaye de especímenes cilíndricos, sujetos a la aplicación de una carga de compresión diametral.

Al diseñar las estructuras se procura que el concreto no trabaje a tensión directa; sin embargo, casi siempre es inevitable que el concreto en la estructura deba soportar ciertos esfuerzos a tensión, ya sea como consecuencia de determinadas condiciones de carga que involucran flexión y cortante, o como resultado de las contracciones que se producen en el concreto por secado o por temperatura.

La determinación de la resistencia a tensión del concreto por este procedimiento es relativamente sencilla y rápida, y sus resultados suelen mostrar una aceptable uniformidad. El procedimiento se encuentra reglamentado como prueba estándar en la norma NTP 339.084 (Dávila, 2010, pág. 10).

D. Esfuerzo de flexión.

La influencia de las fibras en el esfuerzo de flexión del concreto y mortero es mucho mayor que para la resistencia a compresión y resistencia a tensión (Dávila, 2010, pág. 11).

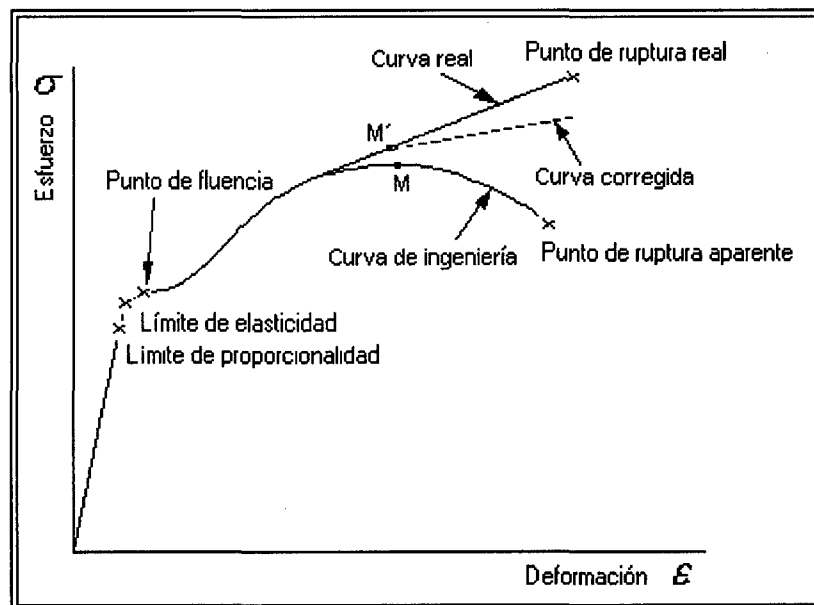


Figura N° 05: Puntos importantes de la curva Esfuerzo vs Deformación de acuerdo con la norma ASTM C1018.

Fuente: Dávila, 2010.

Dos valores de esfuerzo a flexión son comúnmente reportados. Uno, denominado primera grieta a flexión, el cual corresponde a la carga para la que la curva **Esfuerzo - Deformación** se aparte de la linealidad. El otro corresponde a la máxima carga soportada, comúnmente llamado módulo de ruptura, como se observa **Figura N° 05**.

La flexión se lleva a cabo mediante pruebas en especímenes prismáticos, ensayados opcionalmente con una carga concentrada en el centro del claro, o 2 cargas concentradas iguales aplicadas en los tercios del claro.

E. Resistencia al impacto.

Los concretos reforzados con fibras tienen elevada resistencia al impacto, a la acción de cargas explosivas y en general a esfuerzos dinámicos de tensión y compresión.

Después del impacto, las piezas no se desintegran totalmente, como ocurre en el concreto convencional, sino que las fibras mantienen unidos los trozos, evitando posteriores daños por derrumbe de aquellos, conservándose la integridad de la pieza.

La elevada resistencia dinámica de los concretos reforzados con fibras tiene su complemento en una gran capacidad de absorción de energía. En efecto, hay que consumir elevada cantidad de trabajo para arrancar las fibras del seno de la matriz del concreto, y además los alargamientos de las fibras pueden ser proporcionalmente muy grandes, con lo cual la energía consumida se incrementa notablemente (Dávila, 2010, pág. 11).

F. Contracción por secado.

Hay dos causas principales por las cuales el concreto se agrieta, una de ellas es por los esfuerzos aplicados y la otra por la contracción debida al secado o a cambios de temperatura en condiciones de restricción. La contracción por secado es una propiedad inevitable del concreto, por lo cual se utiliza acero de refuerzo en las posiciones adecuadas para reducir los anchos de la grieta o bien, juntas que predeterminen y controlen la ubicación de las grietas. Si no existe una causa que impida el movimiento del concreto y que ocurran contracciones, el concreto no se agrieta. Las

restricciones pueden ser provocadas por causas diversas. La contracción por secado siempre es mayor cerca de la superficie del concreto; las porciones húmedas interiores restringen al concreto en las cercanías de la superficie, con lo que se pueden producir agrietamientos.

Las juntas son el método más eficaz de controlar las grietas. Si en una superficie considerable de concreto no se realizan juntas de contracción el concreto se agrietará de manera aleatoria.

Entre los factores que producen el agrietamiento:

- ✓ **Agua:** a mayor cantidad de agua se incrementa la posibilidad de agrietamiento, pues a mayor cantidad de agua se aumenta la contracción y se reduce la resistencia.
- ✓ **Cemento:** Entre más consumo de cemento se tenga, mayor será la tendencia del concreto a agrietarse.
- ✓ **Agregados:** La forma y granulometría de los agregados afecta igualmente en el agrietamiento del concreto. Para agregados con un tamaño máximo no muy grande la contracción será mayor para una resistencia igual, debido a que se requiere más pasta para cubrirlos.
- ✓ **Aditivos:** Los reductores de agua disminuyen la contracción por secado, los retardantes aumentan la deformabilidad del concreto en estado plástico disminuyendo el agrietamiento. Los aditivos acelerantes, en general, aumentan la contracción, pero como sube la resistencia y el flujo plástico, no siempre causan agrietamiento.
- ✓ **Sangrado:** Cuando el agua fluye hacia arriba se producen zonas de pasta blanda por debajo de las partículas de grava grandes y del acero de refuerzo, principalmente en losas de mucho peralte donde se generan zonas débiles y por consiguiente grietas internas.
- ✓ **Temperatura:** La temperatura ambiente afecta la velocidad de secado del concreto en estado fresco, así como la velocidad de endurecimiento; por otra parte, establece la longitud base durante las primeras horas, hasta que el concreto desarrolla cierta rigidez. A partir de esta longitud base, los cambios de temperatura producen cambios volumétricos y, por consiguiente, un agrietamiento.

- ✓ **Curado:** cuando la velocidad de evaporación supera a la de sangrado, la capa superficial del concreto sufre contracción, ésta se restringe por la capa inferior y se producen grietas o fisuras por contracción plástica, siendo este tipo fisuración o agrietamiento muy común por lo que en líneas adelante se le dará más énfasis .

D. Fisuras por Contracción Plástica.

a. Concepto.

Las grietas (fisuras) por contracción plástica se forman en la superficie del concreto fresco inmediatamente después de su vaciado (también conocido como vertido o colado) y mientras aún permanece en estado plástico. Estas grietas principalmente aparecen en las superficies horizontales de los vaciados de concreto.

Usualmente son paralelas entre sí a una distancia del orden de 30 a 90 cm, relativamente superficiales, y generalmente no interceptan el perímetro de la losa. Cuando altas tasa de evaporación provocan que la superficie del concreto se seque antes de que haya fraguado, es muy probable que ocurra el agrietamiento por contracción plástica. Las fisuras por contracción plástica aparecen ocasionalmente, en la superficie del concreto fresco, poco después de haber sido colocado y cercano al tiempo en que se realiza el acabado. Estas hendiduras se desarrollan por la pérdida rápida de agua por evaporación de la superficie del concreto y generalmente se asocian a los colados en climas cálidos (Nishihara, 2012, pág. 12).

b. Causas y Factores.

Las Grietas por Contracción Plástica son causadas por una rápida pérdida de agua de la superficie del concreto antes de que este haya fraguado. La condición crítica existe cuando la tasa o velocidad de evaporación de la humedad superficial excede la tasa en el cual el agua de exudación (sangrado) que sube pueda reemplazarla.

Las condiciones que generan altas tasas de evaporación en la superficie del concreto del concreto, y por lo tanto incrementan la posibilidad del agrietamiento por contracción plástica, incluyen:

- Una velocidad de viento superior a 8 km/h.
- Una baja humedad relativa.
- Altas temperaturas ambientales y del concreto.

Las mezclas de concreto con una baja exudación por sí mismas, o con agua de exudación, reducida; son susceptibles al agrietamiento por contracción aun cuando las tasa de evaporación sean bajas. Los factores que reducen la cantidad de exudación son un alto contenido de materiales cementantes, un alto contenido de finos, un contenido reducido de agua, aire incorporado, una elevada temperatura del concreto y las secciones más finas. El concreto que contiene humo de sílice (microsílice) requiere particular atención para evitar el secado superficial durante el vaciado. Cualquier factor que retrase el fraguado incrementa la posibilidad del agrietamiento por contracción plástica. El fraguado retardado puede ser consecuencia de uno o más de los siguientes factores: tiempo frío, sub-bases frías, alto contenido de agua, bajos contenidos de cemento, retardadores de fraguado, reductores de agua y adiciones (Nishihara, 2012, pág. 14).

c. Importancia.

Las fisuras de contracción plástica son antiestéticas; sin embargo, raramente afectan la resistencia y durabilidad de los pisos y los pavimentos. No obstante, si a través de éstas ingresan sustancias perjudiciales pueden afectar el desempeño de la estructura y disminuir su durabilidad. Por lo tanto, es importante controlar, evaluar y evitar la aparición de fisuras por contracción plástica para lograr estructuras más durables que aseguren un ciclo de servicio aceptable con el menor costo de mantenimiento (Nishihara, 2012, pág. 15-16).

d. Control a través de la adición de fibra de vidrio.

Al adicionarle fibra de vidrio al concreto se logra tener un cocido o entramado de la matriz del concreto, produciendo un control natural de la fisuración o agrietamiento que sufre este por efecto de la contracción plástica, debido a que une las partículas componentes formando una matriz más sólida y concisa.

2.2.4.2. USOS DEL CONCRETO CON FIBRAS.

Las fibras se han utilizado convencionalmente como mallas para la estabilización y protección de suelos. Los geo sintéticos cumplen labores de refuerzo y abaratan las soluciones tradicionales de la ingeniería civil, pero el escaso desarrollo en la experimentación de otros usos para estos materiales ha ocasionado que las aplicaciones en vivienda, infraestructuras urbanas y otras construcciones de importancia para las comunidades Americanas aún no estén reglamentadas.

La adición de fibras al concreto permite que estructuras sin altas exigencias de cargas puedan hacerse más delgadas de las que usualmente se requieren. Gran número de elementos convencionales prefabricados, necesitan de refuerzo solamente durante el estibaje, manipuleo y transporte, aunque posteriormente no sean sometidos a sollicitaciones significativas en su lugar de emplazamiento. Además de las dificultades de instalación, el acero necesita una capa suficiente de concreto sobre él mismo para evitar su posible oxidación y corrosión, y la aparición de manchas posteriores de óxido en las superficies. La utilidad del refuerzo de acero durante la vida de la pieza es prácticamente nula.

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, tener 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.

Las fibras deben ser utilizadas para:

- La reducción de la fisuración del concreto provocado por la contracción plástica, siendo este problema de suma importancia durante las primeras horas del curado del concreto.

- Una mayor resistencia del concreto a esfuerzos a impacto, resistencia a la abrasión y a la rotura.
- Un sistema alternativo de refuerzo no estructural, secundario y/o por temperatura.
- Soporte interno y cohesividad, concreto vaciado en inclinaciones abruptas, concreto lanzado, y en formaletas (cimbras) deslizantes.
- La reducción del agrietamiento del concreto como resultado de la contracción plástica.
- Ayudar a disminuir la permeabilidad del concreto.
- Vaciados donde se requieran materiales no metálicos.
- Áreas que requieran materiales a prueba de álcalis así como resistentes a sustancias químicas.

Las fibras no deben ser utilizadas para:

- El control de la fisuración como resultado de fuerzas externas.
- Desarrollo de más altas resistencias estructurales.
- Reemplazo de cualquier refuerzo estructural de acero o resistente a momentos.
- Disminución del espesor de las losas sobre el suelo.
- Justificar la reducción de alabeos (pandeos) y/o torsiones
- La disminución del tamaño de las columnas de soporte.
- La disminución del espesor de secciones de capas superiores (recubrimientos) adheridas o no adheridas.

El concreto reforzado con fibras se usa frecuentemente en losas de techo, entrepisos, recubrimientos, prefabricados en general, pavimentos, pisos industriales, piscinas, paredes de tanques, estructuras hidráulicas y marinas, zapatas y tuberías de concreto (Dávila, 2010, pág. 12-13).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- **Absorción:** [NTP 400.021-2008, Revisada el 2013]. Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, se le expresa como porcentaje de la masa seca.
- **Agregado:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Conjunto de partículas de origen natural o artificial, también llama áridos que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011.
- **Agregado anguloso:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Son agregados que poseen aristas bien definidas formadas por la inserción de superficies aproximadamente planas.
- **Agregado bien graduado:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Agregado cuya distribución de tamaños de partículas produce una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos.
- **Agregado denominado hormigón:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Material mixto de piedra, arena y finos, que se encuentra generalmente en canteras y se utiliza en algunos casos en concretos no estructurales.
- **Agregado fino:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg.) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.
- **Agregado global:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Mezcla de agregado fino y agregado grueso, normalizado por una granulometría.
- **Agregado grueso:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Agregado grueso retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de roca.
- **Agregado que pasa:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Por un tamiz determinado, expresado generalmente en peso o porcentaje siempre que no retenga más del 5 % en masa (peso) del material tamizado.

- **Agregado reactivo: [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013].** Agregado que contiene sustancias capaces de reaccionar químicamente con los productos de solución o hidratación del cemento Portland en morteros y/o hormigones (concretos) bajo condiciones ordinarias de exposición, dando como resultado en algunos casos expansión perjudicial, rajaduras o manchado.
- **Agregado retenido: [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013].** Un agregado es retenido por un tamiz cuando este no deja pasar más de un 5% en masa (peso) del material tamizado.
- **Aire accidental: [NTP 339.047-2006].** Vacíos de aire en las pastas, morteros u hormigones (concreto) de cemento Portland, no introducidos en forma intencional y que son significativamente más grandes que aquellos del aire incorporado, de 1 mm o mayor en tamaño. El aire accidental no mejora el desempeño.
- **Cemento Portland: [NTP 334.009-2013].** Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.
- **Compactación: [NTP 339.047-2006].** Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de mortero o de hormigón (concreto) fresco.
- **Composite:** Material compuesto que resulta de la combinación de dos materiales: uno que actúa como matriz y otro en forma de fibras, partículas o láminas que actúa como refuerzo.
- **Concreto de peso normal: [NTP 339.047-2006].** Tipo de concreto producido con agregados de densidad normal, frecuentemente piedra triturada o grava (canto rodado), y que tiene una densidad de aproximadamente de 2400 kg/m^3 .
- **Concreto reforzado con fibra (CRF):** Son compuestos con cemento hidráulico, agregados de diferentes tamaños, y la incorporación de fibras discontinuas discretas. Las fibras pequeñas y discontinuas, están distribuidas más o menos uniformemente en toda la masa del concreto, con orientaciones normalmente aleatorias.

- **Contenido de aire: [NTP 339.047-2006].** 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 endurecido sometido a congelación-deshielo y aumenta la trabajabilidad de las mezclas frescas.
- **Contracción plástica: [NTP 339.047-2006].** Cambios que ocurren en el volumen absoluto de sólidos y líquidos de la pasta, resultante de la hidratación del hormigón (concreto). El volumen absoluto de los productos hidratados del cemento es menor que el del cemento y del agua antes de la hidratación
- **Curado: [NTP 339.047-2006].** Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto).
- **Curva granulométrica: [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013].** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.
- **Densidad: [NTP 400.021-2013].** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico).
- **Densidad aparente: [NTP 400.021-2013].** Es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas del agregado.
- **Densidad relativa (gravedad específica): [NTP 400.021-2013].** Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada, los valores son adimensionales.
- **Densidad de masa del agregado: [NTP 400.017-2011].** Masa de una unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen vacío entre partículas, expresado en kg/m^3 .

- **Dosificación:** [NTP 339.047-2006]. 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.
- **Durabilidad:** [NTP 339.047-2006]. 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 ataque químico, congelación-deshielo y abrasión.
- **Ensayo de asentamiento:** [NTP 339.047-2006]. Medida de la consistencia del mortero u hormigón (concreto) fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa del pasión, al quedar libre del soporte metálico en que fue moldeado.
- **Ensayo de compresión diametral:** [NTP 339.047-2006]. Ensayo de tracción por hendimiento, que consiste en romper un cilindro de hormigón (concreto), del tipo normalizado para ensayo de compresión, entre los cabezales de una prensa según generatrices opuestas.
- **Fibras:** [NTP 339.047-2006]. Filamentos delgados discontinuos, provenientes de un proceso industrial, como acero, vidrio, carbón y polímero 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 flexo - tracción.
- **Fibra de vidrio:** Es un material hecho a base de filamentos finos de vidrio. Se obtiene al hacer fluir el vidrio fundido a través de una serie de agujeros finos que, al solidificarse, se obtiene el material con suficiente flexibilidad como para ser usado como una fibra.
- **Fraguado:** [NTP 339.047-2006]. 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.
- **Granulometría:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado,

obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados.

- **Homogeneidad de agregados:** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. Una mezcla de agregados es homogénea cuando cumple con los límites granulométricos establecidos en cada porción de la misma.
- **Módulo de elasticidad (E):** [NTP 339.047-2006]. Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young o módulo Young de elasticidad, designado por el símbolo E.
- **Módulo de finura (MF):** [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013]. 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.
- **Plasticidad:** [NTP 339.047-2006]. Aquella propiedad de las pasta, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo.
- **Relación agua-cemento (a/c):** [NTP 339.047-2006]. Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto.
- **Rendimiento:** [NTP 339.047-2006]. Volumen por amasada (bachada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos (pies cúbicos).
- **Resistencia a la abrasión:** Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste.
- **Resistencia a compresión:** Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada.
- **Sangrado (exudación):** [NTP 339.047-2006]. Flujo del agua de la mezcla del concreto fresco, a la superficie causado por el asentamiento de los materiales sólidos de la mezcla.
- **Saturado superficialmente seco (SSD):** [NTP 400.022-2013]. En relación a partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas del agregado están llenos de agua hasta el punto en el

que han alcanzado, por inmersión en agua, durante el periodo de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas.

- **Secado al horno (OD): [NTP 400.022-2013].** En relación a las partículas del agregado. Es la condición en la que los agregados se han secado por calentamiento en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante.
- **Segregación: [NTP 339.047-2006].** Separación de los componentes del concreto fresco (agregados y morteros), resultando en una mezcla sin uniformidad.
- **Tamaño máximo del agregado: [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013].** Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.
- **Tamaño nominal máximo del agregado: [NTP 400.011-2008, Revisada el 2013].** Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.
- **Trabajabilidad: [NTP 339.047-2006].** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque frescos, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado.
- **Vacios: [NTP 400.017-2011].** En la unidad de volumen del agregado, espacio entre partículas en una masa de agregado no ocupado por la materia sólida del mineral.

3. CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se realizó en Cajamarca, específicamente en el Laboratorio de Materiales “Carlos Esparza Díaz”, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N°1050.

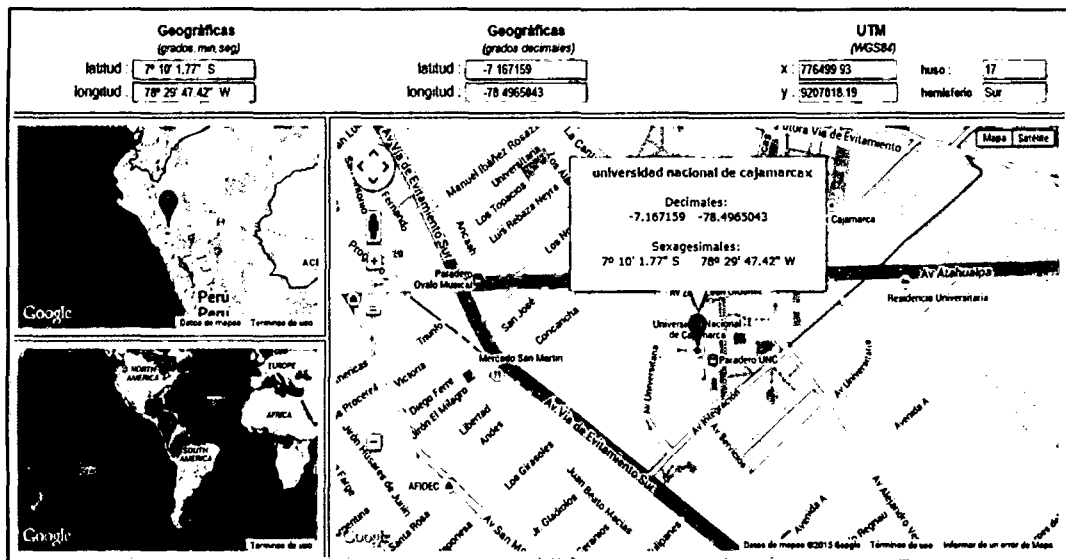


Figura N° 06: Mapa de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca”.

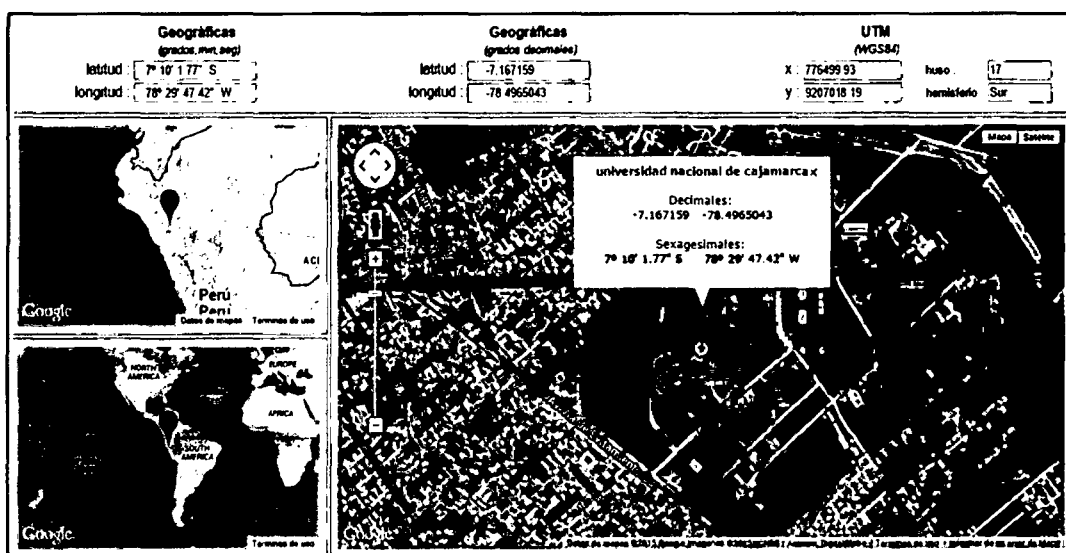


Figura N° 07: Fotografía satelital de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca”.
Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>.

3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

En el presente proyecto de investigación se estudió y analizó la resistencia a la compresión, flexión y tracción indirecta de especímenes de concreto normal y con adición de fibra de vidrio, así como la trabajabilidad y peso unitario del concreto, recolectando datos a través del tiempo en periodos especificados. Todo esto relacionándose con la normativa vigente en el país y otras características precisas que definen la elaboración de la propuesta.

Así mismo el presente proyecto de investigación obedece a un diseño básico del tipo experimental y con diseño específico del tipo muestras separadas. Por lo tanto, el esquema del diseño experimental queda modelado de la siguiente manera:

CP	O₁	---	O₂
CRF I	O₃	X₁	O₄
CRF II	O₅	X₂	O₆
CRF III	O₇	X₃	O₈

Dónde:

CP = Concreto Patrón.

CRF I = Concreto con Fibra 1.

CRF II = Concreto con Fibra 2.

CRF III = Concreto con Fibra 3.

O₁, O₃, O₅ y O₇ = Resultado de Pre-Test.

----- = No Aplicación de Variable Experimental.

X₁, X₂ y X₃ = Variable Experimental en Variadas Proporciones.

O₂, O₄, O₆, O₈ = Resultado de Post-Test.

Para esta investigación se procedió a elaborar probetas cilíndricas y prismáticas de concreto, con incorporación y sin incorporación de fibra de vidrio, dicha incorporación fue de 0.125% (0.00125 m³) ,0.25%(0.0025 m³) y 0.50% (0.005 m³) del volumen de concreto por metro cúbico, para ser evaluada a los 07, 14 y 28 días con una resistencia de diseño promedio del concreto normal de 210 Kg/cm² a los 28 días.

3.1.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.1.3.1. POBLACIÓN.

Especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos normales, con 0% de adición de fibra de vidrio, y reforzados con fibra de vidrio en tres porcentajes; 0.125% (0.00125 m^3), 0.25% (0.0025 m^3) y 0.50% (0.005 m^3) del volumen de concreto por metro cúbico.

3.1.3.2. MUESTRA.

Estuvo constituido por 216 especímenes de concreto, entre probetas cilíndricas y prismáticas, con y sin fibra de vidrio, distribuidos de la siguiente manera:

Se elaboró un total de 72 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a **COMPRESIÓN**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.125% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.25% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.50% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

Se elaboró un total de 72 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a **TRACCIÓN INDIRECTA**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.125% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.25% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

- 18 especímenes con 0.50% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

Se elaboró un total de 72 especímenes prismáticos de concreto con medidas estándar para pruebas a **FLEXIÓN**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.125% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.25% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0.50% de adición de fibra de vidrio, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

Para la elección del número de muestras se tomó como referencia lo estipulado en la norma NTE E.060 (**ANEXO II - 5.3.3.2**) que está basado en la norma ASTM C-192 "Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo en laboratorio" en donde indica que; para un análisis no estadístico deben moldearse mínimo tres o más especímenes para cada edad de ensayo (07, 14 y 28 días).

Elegiendo por la naturaleza de nuestro estudio, 06 especímenes de concreto ensayados a diferentes edades y adiciones de fibra de vidrio para los ensayos a compresión, tracción y flexión, superando de esta manera el número de probetas mínima estipulada por norma, para tener una mejor garantía de los resultados obtenidos.

3.2. CANTERA DE ESTUDIO.

3.2.1. ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO.

Teniendo en cuenta a las normas NTP, ASTM y el consejo del asesor (debido a la amplia experiencia que él tiene sobre el tema), el material utilizado para la elaboración de los especímenes del presente trabajo de investigación fueron de origen pluvial, tanto el agregado fino (arena) como el agregado grueso (piedra chancada); provinieron de la cantera del Río Chonta - Baños del Inca.

3.2.2. UBICACIÓN.

La cantera está ubicada en el distrito de Baños del Inca, Río Chonta, denunciada y explotada por Ing. José Acosta quien es dueño de la Planta chancadora "Roca Fuerte". Los agregados son extraídos de las márgenes del río Chonta, ubicado en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84; ESTE: 779655.03 y NORTE: 9207531.73, a una altitud de 2650 m.s.n.m.

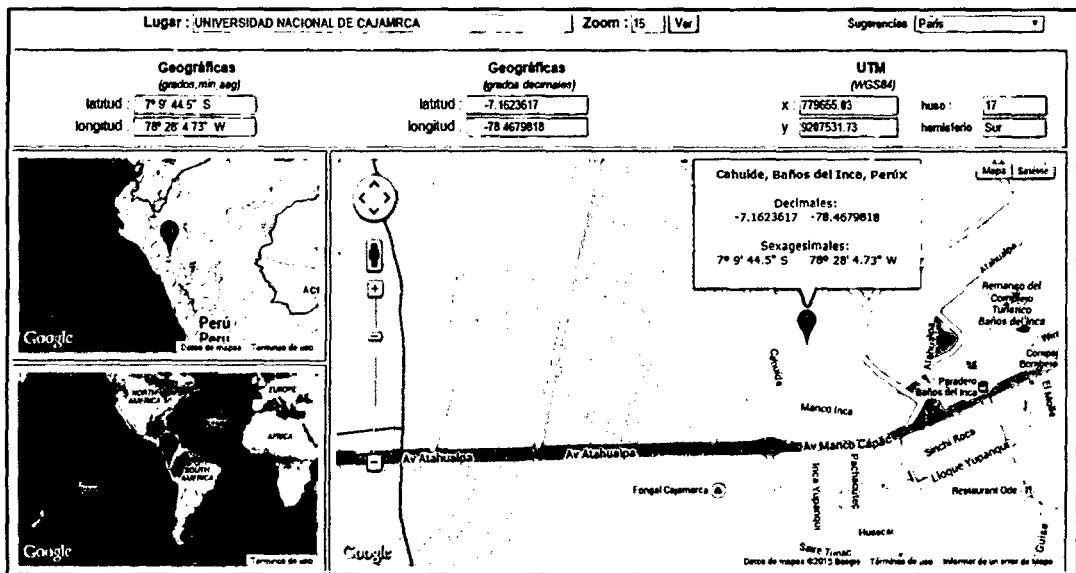


Figura N° 08: Mapa de la ubicación de la planta chancadora "Roca Fuerte" donde se obtuvo los agregados.

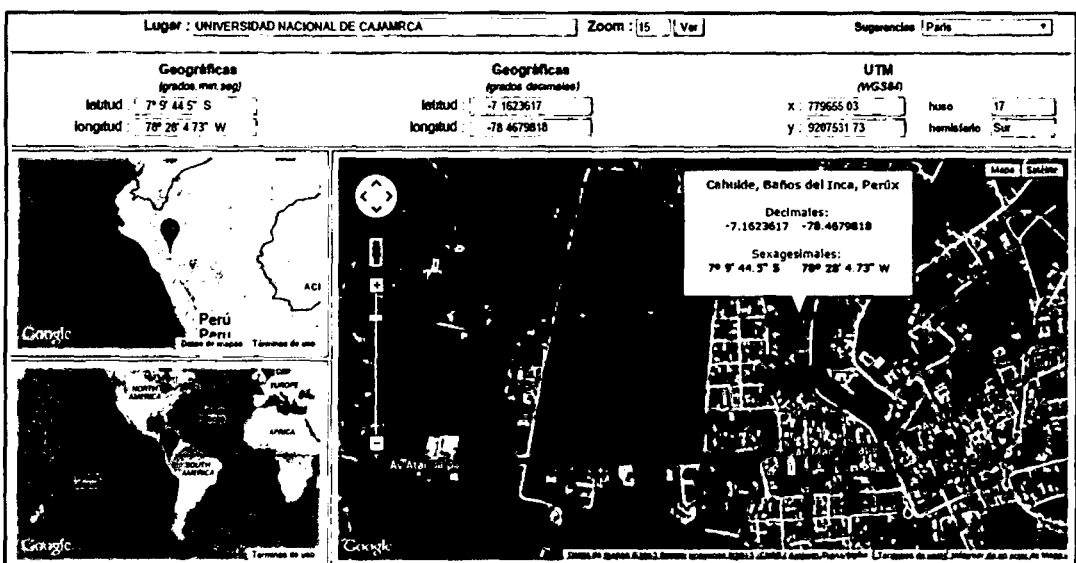


Figura N° 09: Fotografía satelital de la ubicación de la planta chancadora "Roca Fuerte" donde se obtuvo los agregados.

Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADO.

Las características de los agregados y de su influencia en el comportamiento del concreto, no solo es útil para establecer criterios de selección entre dos o más fuentes de suministro, sino también para definir y especificar los tratamientos de beneficio y acondicionamiento a que pueden someterse los agregados que presentan deficiencias.

En las mezclas de concreto convencional, los agregados suelen representar entre el 60% y el 70%, del volumen absoluto de todos los componentes, por lo que es importante determinar las características y propiedades de los agregados que influyen en el concreto.

Una característica importante en el concreto es su peso unitario, ya que este influye decisivamente en el empleo que se le da. Esta característica del concreto depende principalmente del peso específico de los agregados (fino y grueso) que lo integran.

Las características de estudio en el agregado son: la granulometría, peso específico, peso unitario (suelto y compactado), absorción, humedad, resistencia a la abrasión, materiales finos que pasan por el tamiz N° 200.

3.3.1. EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS.

Para la extracción y preparación de los agregados (fino y grueso) de estudio se realizaron los procedimientos de muestreo descritos en la NTP 400.010 - 2011, que estipula:

“El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representen”.

3.3.2. NÚMERO Y MASA DE LAS MUESTRAS DE CAMPO.

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos.

Las masas de las muestras de campo citadas son tentativas. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los mismos apropiadamente. La norma de aceptación y ensayos de control están cubiertas por las NTPs, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo específico. En general, las cantidades indicadas en la **Tabla N° 30** proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en NTP 400.010 – 2011 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables (ASTM C 702).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado (según norma) se procedió a realizar la extracción de los materiales de la cantera ya antes mencionada, haciéndolo de la siguiente manera; para agregado fino, se tomó la muestra que se encuentra bajo el material superficial, en tres lugares aleatorios y para el agregado grueso, se tomó la muestra en tres lugares, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo.

Posteriormente los agregados fueron cargados en camiones de 5 m³ de capacidad para luego ser llevados por separado tanto el agregado fino como el agregado grueso a las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca para evitar que se mesclen o se produzca contaminación de estos.

3.3.3. REDUCCIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑO DE ENSAYO.

Las muestras de agregados debes ser adecuados para cada tipo de prueba, éstas han sido reducidas a tamaños adecuados para ser ensayadas utilizando para ello lo descrito en la norma NTP 400.043 o ASTM C 702.

Los agregados traídos de la chancadora hacia el laboratorio de materiales de la UNC fue colocado sobre plásticos para evitar su contaminación, luego se batió por tres veces el material con ayuda de una palana formando un pequeño montículo, enseguida se esparció el agregado de forma circular y se lo dividió en cuatro partes de apariencia simétrica (cuarteo), se tomó dos mitades opuestas y se procedió a repetir el ensayo hasta obtener las muestras según los pesos necesarios aproximados para cada ensayo.

3.3.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO [NTP 400.012 – 2011; ASTM C 136].

Se define como el estudio de la distribución por tamaños de las partículas de un agregado, que se pasan a través de una serie de tamices de aberturas cuadrada, de mayor a menor y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto a la masa total.

En el caso del **Agregado Fino (arena)**, estará graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.012 o ATM C 136. La granulometría será preferentemente uniforme o continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie Tyler (tamices). Los límites recomendados para el agregado fino se muestran en la **Tabla N° 31**.

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no deberá exceder del 45%, el porcentaje indicado en la **Tabla N° 31** para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5 % a 0 % respectivamente.

Para el **Agregado Grueso**, estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.012 o ATM C 136. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼". Límites Granulométricos recomendados para el Agregado Grueso se presentan en la **Tabla N° 32**.

3.3.5. MÓDULO DE FINURA [NTP 400.011 – 2011; ASTM C 136].

Es el indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado. Puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que no representa la distribución de las partículas.

El módulo de finura está en relación inversa a las áreas superficiales; por lo que la cantidad de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura.

En el caso del **Agregado Fino (Arena)**, se calculara a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

$$MF = \frac{\% \text{ RET. ACUM. TAMICES (N}^\circ_4, \text{N}^\circ_8, \text{N}^\circ_{16}, \text{N}^\circ_{30}, \text{N}^\circ_{50}, \text{N}^\circ_{100})}{100} \dots \dots \dots (2)$$

Para el **Agregado Grueso**, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1", 3/4", 3/8", N°4, más el valor de 500; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$MG = \frac{\% \text{ RET. ACUM. TAMICES (1", 3/4", 3/8", N}^\circ_4) + 500}{100} \dots \dots \dots (3)$$

3.3.6. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN [NTP 400.021 – 400.022, 2011; ASTM C 127 – C 128].

3.3.6.1. PESO ESPECÍFICO DE MASA:

Es una relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Para el **Agregado Fino**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - V_a} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- W_{ms}** : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.
- S** : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.
- V_a** : Volumen de agua añadida.

Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - W_{ma}} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

- W_{ms}** : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.
- S** : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.
- W_{ma}** : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.3.6.2. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Para el **Agregado Fino**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - V_a} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

S : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - W_{ma}} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

S : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.3.6.3. PESO ESPECÍFICO NOMINAL O APARENTE.

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el materiales un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Para el **Agregado Fino**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. a} = \frac{W_{ms}}{[(S - V_a) - (S - W_{ms})]} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.

S : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. a = \frac{W_{ms}}{W_{ms} - W_{ma}} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105 °C.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.3.6.4. ABSORCIÓN.

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergido durante 24 horas en esta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca expresado en porcentaje, se denomina porcentaje de Absorción.

La absorción, depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de mezcla de concreto.

La Absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la resistencia a la abrasión y a la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Abs = \frac{S - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100 \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

W_{ms} : Peso de la muestra secada al horno a 105 °C.

S : Peso de la muestra saturada de superficie seca.

3.3.7. CONTENIDO DE HUMEDAD [NTP 339.185 – 2011; ASTM C 70].

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de las mezclas de diseño. Esta puede ser mayor o menor que el porcentaje de absorción, según la naturaleza del agregado.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: secos en el laboratorio, seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto se considera al agregado en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

A. SECO AL HORNO (EN EL LABORATORIO):

Condición en el que no existe humedad en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante (aprox. 24 horas). El contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

SECO AL HORNO



HÚMEDAD NULA O NINGUNA.

B. SECO AL AIRE:

Condición característica de los agregados que se han dejado secar al medio ambiente, cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Al igual que en el estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

SECO AL AIRE



*HÚMEDAD MENOR QUE LA ABSORCIÓN
POTENCIAL.*

C. SATURADO SUPERFICIAMENTE SECO (S.S.S):

Es la condición en la que los poros permeables de las partículas de agregado están llenos de agua hasta el punto en el que han alcanzado, por inmersión en agua, durante el periodo de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas. Es la condición ideal de un agregado, en el cual el agregado no absorbe ni cede al concreto.

SATURADO CON SUPERFICIE
SECA



HÚMEDAD IGUAL A LA ABSORCIÓN
POTENCIAL.

D. HÚMEDO:

Condición en la que existe una película de agua que rodea al agregado, llamado agua libre, y en la cantidad de agua en exceso. En éste estado el contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. Es importante mencionar que el agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso.

HÚMEDO



HÚMEDAD MAYOR QUE LA ABSORCIÓN
POTENCIAL.

El contenido de Humedad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W \% = \frac{A - B}{B} \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

A: Peso de la muestra húmeda.

B: Peso de muestra seca al horno a una temperatura de 105 °C +- 5°C.

3.3.8. PESO UNITARIO [NTP 400.017; ASTM C 29].

Es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

A. PESO UNITARIO SECO SUELTO:

Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5 cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

B. PESO UNITARIO SECO COMPACTADO:

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactado el material en capas dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezclas como lo es el de American Concrete Institute (ACI).

Según la ACI, existen dos procedimientos para determinar el peso unitario seco compactado. El **Método del Apisonado**, para agregados cuyo tamaño máximo no sea mayor de 3.8 cm y el **Método de Vibrado**, para agregados cuyo tamaño máximo está comprendido entre 3.8 cm y 10 cm.

- **Método del Apisonado:** El agregado se coloca en un recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta colmarlo. Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona dicha muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes, distribuidos uniformemente en cada capa. La varilla de acero es de 16 mm de ancho y 60 cm de longitud, terminada en una semiesfera. Al apisonar se aplica la fuerza necesaria para que la varilla atraviese solamente la capa respectiva.

Una vez colmado el recipiente se enrasa la superficie usando la varilla como regla y se determina el peso neto del agregado en Kg. para finalmente obtener el peso unitario seco compactado del agregado, al multiplicar dicho peso por el factor (F), como se indica en los cálculos realizados de los agregados.

- **Método de Vibrado:** El agregado se coloca en un recipiente, en tres capas de igual volumen en el recipiente hasta colmarlo. Al terminar de colocar cada capa se coloca el molde sobre una base firme y se inclina hasta que el borde opuesto al punto de apoyo diste unos 5 cm de la base. Luego se suelta, con lo que se produce

un golpe seco y se repite la operación inclinando el recipiente por el borde opuesto. Estos golpes alternados se ejecutan 25 veces de cada lado, de modo que el número total sean 50 para cada capa y 150 para todo el conjunto.

Una vez compactada la última capa se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones con relación al plano de enrase y se determina la masa en Kg. del recipiente lleno, para finalmente obtener el peso unitario seco compactado.

3.3.9. PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200 [NTP 400.018; ASTM C 117].

Son materiales muy finos del agregado, se presentan en forma de recubrimientos superficiales (arcillas), o en forma de partículas sueltas (limo y polvo de trituración). La primera interfiere en la adherencia entre el agregado y el cemento, y la segunda incrementa la cantidad de agua de mezclado, logrando disminuir la resistencia.

- Las partículas muy finas como la arcilla, el limo y el polvo de trituración pueden ser eliminadas de los agregados mediante el lavado de los mismos con agua potable o su similar.
- El porcentaje que pasa el tamiz N° 200, se calcula mediante tamizado por lavado en la malla N° 200. A la pérdida en peso debido al lavado, calculado en porcentaje en peso de la muestra original, se la conoce como; porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200.

Los agregados deben cumplir lo establecido por la norma NTP 400.037 o la ASTM C33, también lo descrito en la NTP 400.018, para ello se obtendrá una muestra del tamaño apropiado según la **Tabla N° 33**.

A. PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200:

Se realizó el cálculo del porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 tal cual se obtuvo de la cantera, utilizándose la siguiente expresión.

$$\% \text{ QUE PASA EL TAMIZ N° 200} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

W_i : Peso seco de la muestra original.

W_f : Peso seco de la muestra después del lavado.

B. PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (Con lavado previo):

Debido a la excesiva presencia de material fino en los agregados, se realizó un lavado previo de los mismos con agua potable de la red, utilizándose la siguiente expresión.

$$\% \text{ QUE PASA EL TAMIZ N° 200} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

W_i : Peso seco de la muestra original.

W_f : Peso seco de la muestra después del lavado.

3.3.10. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN [NTP 400.019 – 020; ASTM C 131].

Es la fuerza que presenta los agregados al ser sometidos a fuerzas de impacto, al desgaste por abrasión y frotamiento. Cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

El método de prueba usado es el de la Máquina los Ángeles, por su rapidez y porque se puede aplicar a cualquier agregado. Los agregados gruesos ensayados a la abrasión según la norma NTP, se aceptaran una pérdida no mayor al 50 % del peso original. Podrá emplearse agregado grueso que tenga una pérdida mayor siempre que experimentalmente se demuestre la posibilidad de obtener concretos de resistencias adecuadas.

- **Carga abrasiva:**

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente de 4.7 cm de diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 gr. Y se elegirá de acuerdo con la gradación de la muestra de ensayo, como se describe en la **Tabla N° 34**.

- **Muestra de ensayo:**

La muestra de ensayo estará constituida por agregado limpio representativo de material a ensayar y secada en una estufa a 100 °C +/- 5 °C hasta un peso aproximadamente constante y cumplirá con una de las gradaciones indicadas en la **Tabla N° 35**.

La **Resistencia a la Abrasión** se calcula mediante la siguiente expresión:

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

W_o : Peso original de la muestra.

W_f : Peso final de la muestra.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE VIDRIO.

3.4.1. DETERMINACIÓN DEL LARGO DE LA FIBRA.

La determinación del largo de la fibra es uno de los parámetros que se mantuvieron constantes para todas las mezclas de manera que la diferencia de longitudes no fuera un factor influyente en la resistencia de las distintas probetas ensayadas.

El proceso de mezclado es una de las razones por la cual se tiende a reducir la longitud de los trozos de fibras utilizadas, ya que mientras más corto más manejable será la mezcla y mejor distribuidas estarán dentro de la matriz. Sin embargo si la longitud de la fibra resulta demasiado corta, el refuerzo resulta insignificante ya que prácticamente no ocurre transferencia de esfuerzo de la matriz hacia estos pequeños segmentos de fibra y la fibra llega a actuar como simple relleno.

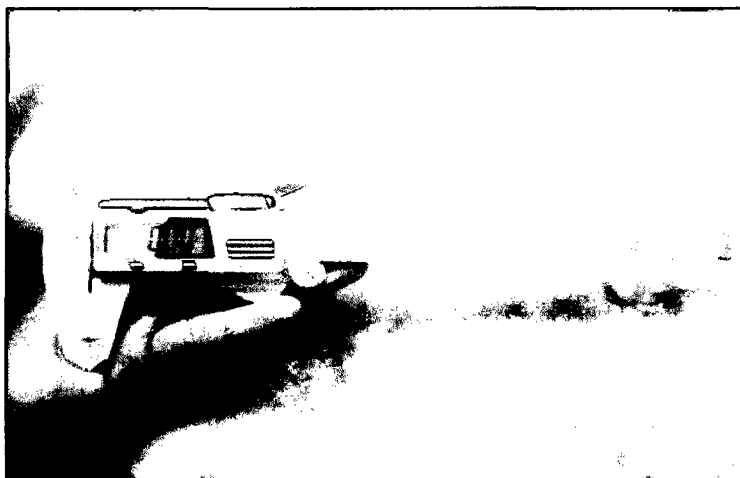


Figura N° 10: Vernier utilizado para medir el diámetro y largo de las fibras con precisión de 0.01 mm marca "TOTAL".

Previamente se ha mencionado que una definición de fibra requiere que la longitud de la misma sea por lo menos 100 veces su diámetro, lo cual se fijará como el valor mínimo de longitud que deberá poseer cada fibra. Luego para averiguar el diámetro, se tomaron medidas de un muestreo de fibras con un vernier digital con una precisión de 0.01 mm. El Vernier utilizado se observa en la **Figura N° 10** y los resultados se muestran a continuación.

Los resultados del muestreo hecho a los diámetros de las fibras se muestran en la **Tabla N° 02** tomando como número de muestras 10 filamentos de fibra de vidrio tomados al azar.

Tabla N° 02: Muestreo de diámetros de las fibras de vidrio.

DIÁMETROS EN MILÍMETROS (mm)									
0.06	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04

De acuerdo a los datos anteriores, se procede a calcular el diámetro promedio de las fibras del muestreo:

$$D_f = \frac{0.06 + 0.04 + 0.06 + 0.05 + 0.04 + 0.04 + 0.05 + 0.05 + 0.06 + 0.04}{100} = 0.049 \text{ mm}$$

Tomando la mínima relación entre el largo y el diámetro de una fibra, se calcula la longitud mínima que debe poseer.

$$L_{f\text{mín}} = 100 * D_f = 100 * 0.049 \text{ mm} = 4.9 \text{ mm.}$$

La longitud obtenida es relativamente pequeña. Debido a que se necesitaba una amplia cantidad de fibra para realizar todas las probetas de ensayo, la fibra fue comprada y deshilachada manualmente para obtener una mejor uniformidad de estas. Sin embargo la longitud mínima está limitada a la disponibilidad de longitudes que se ofrecen en el mercado. Es así que se eligió la fibra de vidrio que contenga los filamentos más cortos posibles disponibles en nuestra ciudad (Cajamarca - Perú), eligiendo a la fibra de vidrio tipo E - MAT 450 "E GLASS CHOPPED STRAND MAT" fabricado por SICHUAN WEIBO CO. LTD. en Sichuan - China. Asimismo, se tomó un muestreo para medir las longitudes de las fibras obtenidas del deshilachado o separación de la fibra, que comercialmente se encuentra en forma de manta.

Tabla N° 03: Muestreo de Longitudes de las fibras de vidrio.

LONGITUDES EN MILÍMETROS (mm)									
37.29	36.24	32.89	35.11	35.56	37.02	33.56	35.65	35.14	35.43

De acuerdo a los datos anteriores, se procedió a calcular la longitud promedio de las fibras del muestreo:

$$L_f = \frac{37.29 + 36.24 + 32.89 + 35.11 + 35.56 + 37.02 + 33.56 + 35.65 + 35.14 + 35.43}{100} = 35.389 \text{ mm.}$$

Por último, se procedió a calcular la relación longitud-diámetro con que se trabajaron las muestras:

$$\text{Rel}_{lf/df} = \frac{35.389 \text{ mm.}}{0.049 \text{ mm.}} = 722.22$$

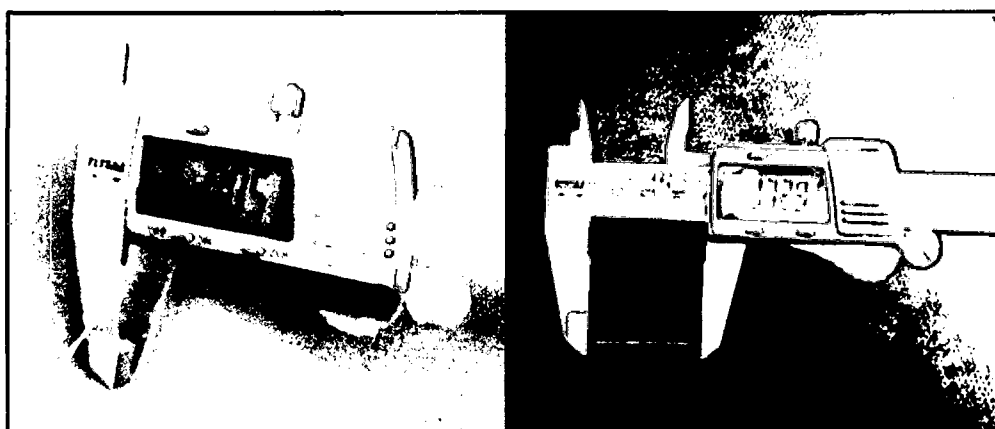



Figura N° 11: Toma de medidas del diámetro y longitud de los filamentos de fibra de vidrio.

3.4.2. PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS.

La **Tabla N° 04** muestra un resumen con las características físicas y mecánicas más importantes de este tipo de fibra, obtenidas según investigaciones del fabricante así como del mismo tesista, de mismo modo también se mandó a ensayar la fibra de vidrio al laboratorio químico: **“INGECONSULT Y LAB S.R.L.”** propiedad del Ingeniero Químico y docente de la Universidad Nacional de Cajamarca Ing. Hugo Mosqueira Estraver, con el fin de obtener aquellas características de la fibra de vidrio de suma importancia que no podían obtenerse de otro modo.

Tabla N° 04: Principales Propiedades Mecánicas y Físicas de la Fibra de Vidrio tipo E - MAT 450 "E GLASS CHOPPED STRAND MAT".

PROPIEDADES	VALOR	APARIENCIA
OBTENIDOS DEL FABRICANTE		
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	3400 - 3450 Mpa	
MÓDULO ELÁSTICO DE YOUNG	72 Gpa	
RESISTENCIA A LA ROTURA	4.5 %	
PESO DE FIBRA POR m ²	450 gr.	
HUMEDAD (%)	0.00	
ABSORCION (%)	30.80	
OBTENIDOS POR ENSAYOS DE LABORATORIO		
Si O ₂ %	56.40 %	
Al ₂ O ₃ %	5.80 %	
MgO%	2.32 %	
TEMP. DE ABLANDAMIENTO	960 °C	
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.38 gr/cm ³	
OBTENIDOS POR EL TESISTA		
DIÁMETRO DEL FILAMENTOS	0.049 mm	
LONGITUD DEL FILAMENTO	35.389 mm	
RELACIÓN LONG. - DIÁMETRO	722.22	

3.5. CARACTERÍSTICA DEL CEMENTO.

El cemento que se empleó para elaborar las dosificaciones de estudio, fue Cemento Portland Tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A. destinado para uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales. Que cumple con los requisitos de las normas técnicas **NTP 334.009** y **ASTM C 150**.

En el **ANEXO VII** se presenta la ficha técnica del Cemento Portland Tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A.

3.6. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue el agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, esta agua es extraída de pozos subterráneos, cumple con los límites máximos

y mínimos permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano según el **DS N9 031-2010-SA**; cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma **NTP 339.088**.

3.7. DISEÑO DE MEZCLA.

El procedimiento realizado para la selección de las proporciones del concreto es el establecido por el método de ***Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados***. Este método de diseño considera las tablas empleadas por el comité 211 del ACI para la selección de los materiales que intervienen en la pasta, sin embargo para la selección de las proporciones de los agregados se emplea un módulo denominado de combinación de los agregados, que no es mas que la representación del índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado si éste fuese global.

Se realizó el diseño de mezclas, para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento Pacasmayo Tipo I, propiedades encontradas de los agregados de la cantera del Rio Chonta y agua potable de la ciudad universitaria (UNC). En primer lugar se realizó una mezcla de prueba, posteriormente se confeccionó una mezcla para el ajuste de las proporciones. Teniendo las proporciones de la mezcla ya corregidas se diseñó en primer lugar una mezcla Patrón (sin fibra) y posteriormente mezclas con tres (03) porcentajes de fibra de vidrio; 0.125 %, 0.25% y 0.50% del volumen de concreto.

Los pasos para obtener el proporcionamiento de los componentes del concreto (Diseño) según el método antes mencionado es:

1° Selección la resistencia promedio ($f'cr$) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada ($f'c$), debido a que se desconoce el valor de la desviación estándar y asumiendo un grado de control aceptable en obra se utilizó la **Tabla N° 60**.

2° Selección del tamaño máximo nominal. Se escogió (TMN = 1/2"), debido a que se necesita mayor trabajabilidad para la manipulación del concreto con la fibra de vidrio adicionada.

3° Elección de la consistencia de la mezcla. Deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica (Trabajable) tomando como referencia la **Tabla N° 61**.

4° Determinación del volumen de agua de mezclado, se utilizó la **Tabla N° 62**, ingresando con el asentamiento, el TMN y la presencia o no de aire incorporado (para nuestro caso será concreto sin aire incorporado).

5° Determinar el porcentaje de aire atrapado. Se utilizó la **Tabla N° 62**, ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado se obtiene el porcentaje de aire.

6° Seleccionar la relación agua – cemento (a/c) requerida para obtener la resistencia deseada. Se tuvo en consideración la resistencia promedio seleccionada así como también algunas condiciones de durabilidad, se ingresó a la **Tabla N° 63**, con f'_{cr} y para un concreto sin aire incorporado se determinó el a/c.

7° Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua - cemento seleccionada y del volumen unitario de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{El factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relacion A/C}} \dots \dots \dots (15)$$

8° Determinación del volumen absoluto de cemento. El volumen absoluto está en función del factor cemento y del peso específico del cemento, en nuestro caso el cemento Pacasmayo tipo I tiene un peso específico de 3.13 gr/cm^3 . El volumen absoluto del cemento se encontró de dividir el factor cemento por el peso específico de este (3.13 gr/cm^3).

9° Determinación del volumen de la pasta. El volumen de la pasta se encontró al sumar el volumen absoluto de cemento más el agua de mezclado dividida entre su peso específico más el porcentaje de aire atrapado.

10° Determinación del volumen absoluto de los agregados. El volumen absoluto de los agregados se encontró de restar de la unidad cúbica de concreto el volumen de la pasta.

11° Cálculo de la incidencia del agregado fino y grueso respecto del agregado global. En este paso es donde interviene el **Método Del Módulo De Finura De La Combinación De Agregados**, se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100 \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

mg : Módulo de finura del agregado grueso.

mf : Módulo de finura del agregado fino.

mc : Módulo de la combinación de agregados.

rf : Porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.

Para hallar el valor de “**mc**”, ingresamos a la **Tabla N° 64**, con el número de bolsas de cemento por metro cúbico y el tamaño máximo nominal del agregado (TMN) y encontramos “**mc**”. Luego se encontró el porcentaje del agregado grueso por simple diferencia y posteriormente los volúmenes de los agregados multiplicando el porcentaje por el volumen absoluto de los agregados.

12° Cálculo de los pesos secos de los agregados, se encontró multiplicando el volumen de cada uno de los agregados por su respectivo peso específico.

13° Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño. Se partió encontrando los pesos húmedos de los agregados, multiplicando su peso por su respectivo contenido de humedad, luego se encontró la humedad superficial de los agregados sumando algebraicamente su contenido de humedad más su absorción, luego se determinó el aporte de humedad de los agregados multiplicando su peso seco por el porcentaje de humedad superficial de los agregados, se encontró el aporte total de los agregados sumando algebraicamente los aportes independientes de los mismos, finalmente se encontró el agua efectiva, para ello se toma en cuenta el aporte de los agregados, si es negativo significa que hay que sumarle agua de no ser así se hace lo contrario.

14° Proporción en peso de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado, se determinó el peso de los demás componentes con respecto al peso de una bolsa de cemento (42.5 Kg.).

3.8. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA.

Para la mezcla de prueba solamente se consideró la realización de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el que define la resistencia especificada (210 Kg/m²).

Los pesos de los materiales húmedos por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba, según diseño respectivo (Tabla N° 66) fueron los siguientes:

- **Cemento** : 415.40 Kg/m³
- **Agua Efectiva** : 186.30 Lts/m³
- **Agregado fino** : 893.50 Kg/m³
- **Agregado grueso** : 859.50 Kg/m³

Con los pesos de los materiales húmedos, se procedió a determinar la cantidad de material en volumen a ser empleado para realizar la mezcla de prueba. Como se consideró realizar tres (03) especímenes cilíndricos de concreto, se tomó el volumen de un espécimen, de acuerdo al molde metálico usado para su elaboración; el cual tiene un diámetro aproximado de 15 cm, con una altura aproximada de 30 cm, del cual se desprende el volumen:

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = \frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30 \dots \dots \dots (17)$$

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = 0.005301 \text{ m}^3$$

Para la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto se necesitó un volumen de:

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = 3 \times 0.005301 \text{ m}^3 \dots \dots \dots (18)$$

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = 0.015904 \text{ m}^3$$

Considerando los desperdicios de mezclado y otros, se aumentó el volumen en un 25 %, teniendo un volumen final:

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = 1.25 \times 0.015904 \text{ m}^3 \dots \dots \dots (19)$$

$$\text{Vol.}_{\text{espec.cil.}} = 0.020 \text{ m}^3$$

Siendo los pesos de los materiales para los tres (03) especímenes cilíndricos de concreto (Vol. Tanda = 0.020 m³):

- **Cemento** : 8.31 Kg/tanda.
- **Agua Efectiva** : 3.73 Lts/tanda.
- **Agregado fino** : 17.87 Kg/tanda.
- **Agregado grueso** : 17.19 Kg/tanda.

3.9. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE MEZCLA.

El diseño de mezcla que mencionamos sirve para calcular las proporciones de los diferentes materiales que componen el concreto, permiten conocer unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas. Sin embargo, existen algunos factores de los materiales que no se detectan en los ensayos y que traen como consecuencia un concreto con propiedades algo diferentes a las esperadas.

Por esto es necesario comprobar las cantidades teóricas por medio de mezclas de prueba. A dicha mezcla se le verifica el peso unitario, cantidad de agua añadida, Slump o asentamiento, el rendimiento volumétrico del concreto, así como el contenido de aire y la resistencia a compresión de los especímenes de concreto a los 28 días. También se debe observar que el concreto tenga la trabajabilidad y el acabado adecuado y que no se presente exudación ni segregación. De acuerdo a ello, se puede llevar a cabo los ajustes pertinentes con las proporciones de las mezclas subsecuentes siguiendo el procedimiento sugerido que se indica a continuación:

- **Agua de mezclado:** La cantidad de agua de mezclado estimada para obtener el mismo asentamiento que las tandas de prueba, deberá ser igual al volumen neto del agua de mezclado empleado dividido entre el rendimiento de la mezcla de ensayo expresado en metros cúbicos.
- **Corrección por asentamiento:** La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cubico de concreto deberá ser incrementada en dos (02) litros por cada incremento de 1 cm de asentamiento hasta obtener el asentamiento deseado.

- **Corrección por contenido de aire:** Para ajustar la mezcla a fin de compensar los efectos de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba con aire incorporado, reducir o incrementar el contenido de agua de mezclado en 3 litros por metro cúbico por cada 1 % en el cual, el contenido de aire se incrementa o disminuye en relación con el de la mezcla de ensayo.
- **Corrección por apariencia de la mezcla:** cuando la mezcla tiene la apariencia sobregravosa el volumen del agregado grueso por metro cubico deberá disminuirse en un 10 - 15 %, si tiene apariencia sobrearenosa se aumentara el 10 - 15 % del agregado grueso. Las proporciones de los agregados se calculará respecto al “*rf*”; porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.
- **Peso unitario:** Si la base del proporcionamiento de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto ha sido el peso estimado por metro cúbico del concreto fresco, el peso unitario recalculado del concreto fresco a ser empleado para efectuar el ajuste de las mezclas de prueba será igual al peso unitario medido en la tanda de ensayo, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución en el contenido de aire de la tanda ajustada de la primera mezcla de prueba.
- **Corrección por resistencia:** Como se obtuvieron especímenes cuya resistencia promedio ensayada a los 7 días está por debajo por encima del 80% de la resistencia requerida f'_c , se reajustó la relación agua/cemento debido a la hidratación del concreto como sigue, considerando que la resistencia a los 28 días fue considerada como 1.4 veces la resistencia a los 7 días, para esto se utilizó la Ley de Powers:

$$R = 2380 * X^3 \quad ; \quad X = \frac{(0.647 * \alpha)}{\left(0.319 * \alpha + \frac{a}{c}\right)} \dots\dots\dots (20)$$

Dónde:

- R** = Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm²).
- X** = Relación gel / espacio.
- α** = Grado de hidratación.
- a/c** = Relación agua/cemento.

Los materiales de diseño corregidos por humedad del concreto normal o patrón (sin adición de fibra) final por metro cúbico luego de las correcciones (Ajuste de Mezcla), **Tabla N° 70**, fueron los siguientes:

- **Cemento** : 235.00 Kg/m³
- **Agua Efectiva** : 164.60 Lts/m³
- **Agregado fino** : 1001.90 Kg/m³
- **Agregado grueso** : 877.30 Kg/m³

3.10. PROCEDIMIENTO PARA LA ADICIÓN DE FIBRA EN LAS PROPORCIONES DE DISEÑO.

Las distintas proporciones para las mezclas se realizaron de tal forma que se permita observar la respuesta inmediata a una cantidad mínima de fibra agregada. Simultáneamente, se realizaron unas mezclas con un orden de magnitud arriba de las cantidades mínimas de fibra para observar si existe alguna relación en la mejora de las propiedades mecánicas con respecto a las cantidades inferiores. A fines de tener un parámetro de comparación, se mantuvo una mezcla de control o patrón a la cual no fue adicionada la fibra.

Una vez determinado las proporciones de los materiales del concreto, se procedió a establecer las proporciones y cantidades de fibra con los que se trabajó. Un parámetro de inicio se obtuvo del artículo acerca del "Surface Bonding" ya que indica el tipo de fibra, longitud y las proporciones de los elementos utilizados en la mezcla. Se menciona el empleo de fibra de vidrio tipo E cortada en trozos de media pulgada (aproximadamente 1.4 cm). De acuerdo a la **Tabla N° 05** de ingredientes posee un 4% de fibra de vidrio con respecto al peso total de la colada.

Tabla N° 05: Componentes y Proporciones del "Surface Bonding".

INGREDIENTES	PORCENTAJE	PESO (lb)
Cemento	78	19.5
Cal	15	3.75
Estearato de Calcio	1	0.25
Fibra de Vidrio	4	1
Cloruro de Calcio	2	0.5
TOTAL	100	25

Fuente: Haynes, Jr. Carl; Simmns, J.W., **Construction with Surface Bonding.**

De la lista de ingredientes se pueden observar unos aditivos: el estearato de calcio que lo utilizan para hacer la mezcla impermeable y el cloruro de calcio para poder acelerar el proceso de mezclado y da como resultado una superficie más dura.

Con este dato ya se obtenía una proporción y un posible máximo para las mezclas. Sin embargo, debido a que no se utilizó aditivo para que la mezcla obtenga una consistencia más manejable, este porcentaje posteriormente resultó un poco alto. Las razones por la cual se justifican las proporciones de las fibras en la mezcla están sujetas al costo, debido a que la fibra es el ingrediente más caro, rendimiento y sobre todo a la trabajabilidad ya que esto determinaría la facilidad de hacer la mezcla. Tomando esto en cuenta se plantearon proporciones iniciales que contenían los siguientes porcentajes de fibra con respecto al peso total por metro cúbico de concreto: 0% (concreto patrón), 0.125%, 0.50%, 1%. Sin embargo cuando se elaboró la mezcla con 1% se pudo notar que la trabajabilidad reducía notablemente ya que las fibras atrapaban a todo el agregado fino y al cemento, haciendo a la mezcla excesivamente sobregravosa. Esto también dio lugar a la formación de grumos dentro de los cuales se creaban vacíos donde la fibra impedía que el agua llegara al cemento. El mezclado simplemente resulto complicado pero no imposible, sin embargo no se podía pensar en un incremento en la cantidad de la fibra de la mezcla sin el uso de un aditivo plastificante y tampoco se podía agregar más agua ya que esto variaría la relación agua/cemento de la mezcla y por ende afecta la resistencia. A raíz de esto se decidió fijar el 0.50 % como el porcentaje más alto descartando el porcentaje de 1% y para tener una mezcla un orden de magnitud ascendente se fijaron los porcentajes en 0% (concreto patrón), 0.125% (0.00125 m^3), 0.25% (0.0025 m^3) y 0.50% (0.005 m^3).

A fin de simplificar la explicación, se le denominará a las mezclas de acuerdo al porcentaje de fibra en dicha mezcla. Por ejemplo, se referirá como mezcla de 0.50 % a la mezcla que contiene el 0.50 % del volumen de concreto por metro cúbico. La excepción será la mezcla denominada "Concreto Patrón" ya que esta se sobrentiende que posee 0% fibra. De esta misma manera se identificaron las probetas de ensayo. A continuación se muestra una tabla con materiales finales para el diseño de las mezclas.

Tabla N° 06: Materiales de diseño finales corregidos por humedad para un metro cúbico de concreto.

MEZCLA	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	FIBRA
PATRÓN	235.00 Kg	1001.90 Kg	877.30 Kg	164.60 Lts	00.0 Kg
0.125 %	235.00 Kg	968.70 Kg	907.80 Kg	166.02 Lts	3.00 Kg
0.25 %	235.00 Kg	967.00 Kg	906.10 Kg	167.03 Lts	6.00 Kg
0.50 %	235.00 Kg	963.50 Kg	902.90 Kg	168.97 Lts	11.90 Kg

3.11. ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.

La elaboración de los especímenes de concreto se realizó según la NTP 339.183. Para lo cual se confeccionaron especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos para pruebas de compresión, tracción indirecta (probetas cilíndrica graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto) y flexión (probeta prismáticas graduada de 15 cm de arista y 50 cm de largo), según el diseño de cada una de las adiciones (dosificaciones) de fibra descritas anteriormente. El equipo utilizado para la confección de los especímenes de concreto tanto cilíndricos como prismáticos fue:

- Balanza con capacidad aproximada 30 Kg.
- Recipientes para pesar los materiales (baldes de aceites de 30 litros y balde transparente graduado para el agua).
- Probetas:
 - Cilíndrica; graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto.
 - Prismática; graduada de 15 cm de arista y 50 cm de largo.
- Herramientas: palanas, badilejo, cucharón, enrasador, carretilla.
- Cono de Abrams para medir el asentamiento o Slump.
- Varilla de Acero semiredondeada, para la compactación de la mezcla en cada una de los especímenes, lizo de 60 cm de largo y de 5/8" de diámetro.
- Mezcladora de concreto de 11 pies 3.
- Comba de goma.
- Recipiente graduado para determinar el Peso Unitario del concreto en estado fresco.

El procedimiento detallado de la confección de los especímenes se describe a continuación:

- a) Pesar los agregados separadamente (agregado grueso y agregado fino) en estado húmedo.
- b) Homogenizar separadamente los dos agregados mediante una palana, para que así ellos presenten un estado de humedad uniforme.
- c) Tomar muestras de los agregados pesados y determinar su contenido de humedad en ese momento.
- d) Corregir por humedad el peso de los agregados y del agua.
- e) Pesar el cemento, agua total (corregida por humedad de los agregados) y la fibra.
- f) Preparar la mezcladora, humedeciéndola antes de cargar los materiales.
- g) Cargar el agregado grueso y el agregado fino en la mezcladora, agregando una fracción del agua total (un 25% aproximadamente).
- h) Revolver los agregados durante 30 segundos para humedecerlos completamente.
- i) Adicionar una fracción de fibra en la mezcladora (un 30 % aproximadamente) mediante una "lluvia continua" de los filamentos de fibra sobre el hormigón y dejar mezclar durante unos 15 segundos (si fuera el caso de agregar cierto porcentaje de fibra).
- j) Cargar el cemento en la mezcladora.
- k) Adicionar otra fracción de fibra en la mezcladora (un 40 % más aproximadamente) y dejar mezclar durante unos 15 segundos más (si fuera el caso de agregar cierto porcentaje de fibra).
- l) Amasar los materiales durante 3 minutos, agregando el agua y agregados restantes con la fibra adicionada hasta entonces.
- m) Revolver manualmente la mezcla verificando su estado (asegurándose de que no quede material sin mezclar adherido al fondo y en las paredes de la mezcladora).
- n) Amasar durante otros 3 minutos.

- o) Descargar en carretillas, previamente humedecidas para evitar que estas consuman el agua de la mezcla.
- p) Revolver manualmente la mezcla verificando su estado (asegurándose de que la fibra se haya mezclado uniformemente y que no hayan grumos de fibras).
- q) Amasar durante 1 minuto más.
- r) Una vez amasados todos los hormigones, medir la docilidad de cada uno de ellos mediante el cono de Abrams.
- s) Determinar el peso unitario del concreto fresco.
- t) Poner la tanda de concreto en las probetas (cilíndricas o prismáticas según sea el caso) correspondientes para los ensayos planificados del concreto.

La faena de confección del hormigón requiere la participación de por lo menos 3 personas. Todo el proceso de mezclado del concreto con los distintos porcentajes de fibra requiere un tiempo aproximado de 45 minutos. La medición de la trabajabilidad o Slump y el moldeo de las probetas requieren a su vez de otros 15 minutos, este tiempo varían según el tipo de probeta que se esté confeccionando siendo para cada caso:

- **Fabricación de Probetas Cilíndricas para Ensayos de Compresión y Tracción Indirecta.**

Una vez obtenida la docilidad requerida para la mezcla de hormigón reforzado con fibra de vidrio se procedió a la confección de los especímenes cilíndricos de concreto. La mezcla de material se añadió en tres capas (Según la Norma NPT 339.183, **Ver Tabla N° 36**) de espesor similar dentro de los moldes de 15 cm de diámetro, debidamente engrasados. Luego de depositar una capa ésta era apisonada con una varilla graduada de 60 cm de largo y 5/8" de diámetro, distribuyendo los golpes en toda la sección del molde, 25 golpes por capa (**Ver Tabla N° 37**). Al terminar el apisonado de cada capa se golpeó con un mazo de goma dando 12 golpes, al terminar la tercera capa se procedió al alisado de la superficie para que este no interfiera con los ensayos de compresión y tracción destinados para el concreto. El proceso total de llenado del molde tomó aprox. 3 minutos.

- **Fabricación de Probetas Prismáticas para Ensayos de Flexión.**

Al igual que el caso anterior, la mezcla fue adicionada a los moldes, previamente engrasados, en tres capas de espesor similar, procediendo a apisonarlas 1 varillado por cada 14 cm² de superficie dando en total entonces 54 golpes por cada capa (ver Tabla N° 37). Terminado el apisonado se procedió al alisado superficial. El tiempo requerido para llenar el molde fue de aproximadamente 5 minutos. Las dimensiones de estos moldes prismáticos corresponden a 15 cm de arista y 50 cm de largo.

3.12. CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.

El curado de todos los especímenes de concreto se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183.

3.12.1.1. CURADO INICIAL Y DESMOLDE DE LAS PROBETAS.

Una vez concluido el proceso de llenado de los moldes, se cubrió la superficie de éstos con plástico para evitar la evaporación del agua superficial y la contaminación de estos.

Tanto las probetas cilíndricas y prismáticas fueron desmoldadas a las 24 horas de haberlas confeccionadas en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca. El traslado de estas en el laboratorio se hizo de manera tal que las superficies y aristas de las probetas no fueran alteradas.

3.12.1.2. CURADO ESTÁNDAR.

Al terminar el curado inicial y entre los 30 minutos y 1 hora después de haber sacado los especímenes de los moldes, estos se almacenaron en una poza de curado de concreto cubiertos con agua a temperatura de 23°C +- 2°C, además se saturó el agua con cal viva para mantener la temperatura de está y evitar la pérdida de cal de los especímenes, se cubrió la poza con una manta plástica para evitar la contaminación del agua y proteger los especímenes del rocío y helada de las madrugadas. Dependiendo de la edad de los especímenes de concreto requerida para los ensayos, las probetas estuvieron 7, 14 y 28 días sumergidos en la poza de curado del laboratorio.

3.13. ENSAYOS DEL CONCRETO.

3.13.1. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO.

3.13.1.1. ASENTAMIENTO O SLUMP.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.04.

El método de determinación empleado, es el ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump" (Norma NTP 339.035 ó ASTM C143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm).

3.13.1.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.046 – Revisada el 2013.**

Según Norma específica que este ensayo consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del rendimiento de los componentes del concreto.

El peso unitario se calcula de la siguiente manera:

- **Densidad (Peso Unitario):** Se calculó este parámetro como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m} \dots \dots \dots (21)$$

Dónde:

- D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m³).
- M_c = Masa del recipiente de medida lleno de concreto (kg).
- M_m = Masa del recipiente vacío (kg).
- V_m = Volumen del recipiente (m³).

- **Densidad Teórica:** Este parámetro es calculado sobre una base libre de aire, se calculó como sigue:

$$T = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (22)$$

Dónde:

- T = Densidad teórica del concreto (kg/m³).
- M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).
- V = Volumen absoluto de los componentes de la mezcla (m³).

- **Rendimiento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$Y = \frac{M}{D} \dots \dots \dots (23)$$

Dónde:

- Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).
- M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).
- D = Densidad de masa (Peso Unitario) del concreto (kg/m³).

- **Rendimiento relativo:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots \dots \dots (24)$$

Dónde:

- R_y = Rendimiento relativo, un exceso de este valor mayor a 1 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.
- Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).
- Y_d = Volumen de diseño de concreto producido por tanda (m³).

- **Contenido de cemento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots\dots\dots (25)$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento (kg/m³)

C_b = Masa del cemento en el lote (kg)

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

3.13.1.3. CONTENIDO DE AIRE - MÉTODO GRAVIMÉTRICO.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.046 – Revisada el 2013.

El contenido de aire se calculó en base a los resultados obtenidos del ensayo del peso unitario del concreto fresco (Método Gravimétrico) y se calculó de la siguiente manera:

$$A = \left[\frac{(T - D)}{T} \right] \times 100 \dots\dots\dots (26)$$

Dónde:

A = Contenido de aire (%).

T = Masa del cemento en el lote (kg).

D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m³).

3.13.2. ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.

3.13.2.1. DENSIDAD DE MASA O PESO UNITARIO DEL CONCRETO.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.034 - Revisada el 2013, la presente norma establece la fórmula para determinar la densidad de los especímenes de concreto con aproximación de 10 Kg/cm³ como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (27)$$

Donde:

W = Masa del espécimen (Kg).

V = Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua (m³).

3.13.2.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.034 - Revisada el 2013**, la presente norma establece un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto. En la presente tesis se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto con las diferentes adiciones de fibra en el tiempo. También se consiguió tener las tolerancias de una probeta de acuerdo a las edades de las muestras, para esto se tiene la **Tabla N° 39**, que nos indicara la tolerancias que debemos tener.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

3.13.2.2.1. Medición de la probeta

La medición de las probetas se llevara a cabo siguiendo el protocolo que a continuación se detalla:

- Se coloca las probetas cilíndricas con la cara de llenado en un plano vertical lo más cerca posible a donde se efectuara el ensayo.
- Se miden los diámetros de las dos caras laterales de la probeta (a_1 , a_2 , b_1 y b_2) aproximadamente en el eje horizontal de cada diámetro.
- Se mide las alturas de los dos lados de la probeta cilíndrica (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.
- Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.5 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.

3.13.2.2.2. Identificación y colocado de la información.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la parte lateral de estas con un plumón indeleble el número de espécimen (01, 02, 03, 04, 05 y 06), iniciales del nombre del tesista (A.H.Q), porcentaje de la adición de fibra de vidrio (0% o Concreto Patrón, 0.125%, 0.25% y 0.5%), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen, en ese mismo orden.



Figura N° 12: Toma de las Medidas de las Probetas Cilíndricas.

3.13.2.2.3. Ensayo.

Previo al ensayo, se debe observar que las placas de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas y zona de carga.

a) Posición de las probetas.

Se coloca la probeta con su cara de llenado en un paralelo a la placa inferior de la máquina compresora.

b) Aplicación de la carga.

La carga se deberá aplicar en forma continua y sin choques, a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 ± 0.05 Mpa/s (2.5 kg/cm^2). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la primera mitad final de la fase de carga anticipada.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada. No se debe hacer ajustes durante la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen. Al aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente, el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido el cual debe ser observado, anotado así como debe también registrarse la carga máxima "P" expresada en toneladas y las deformaciones registradas con el deformímetro.

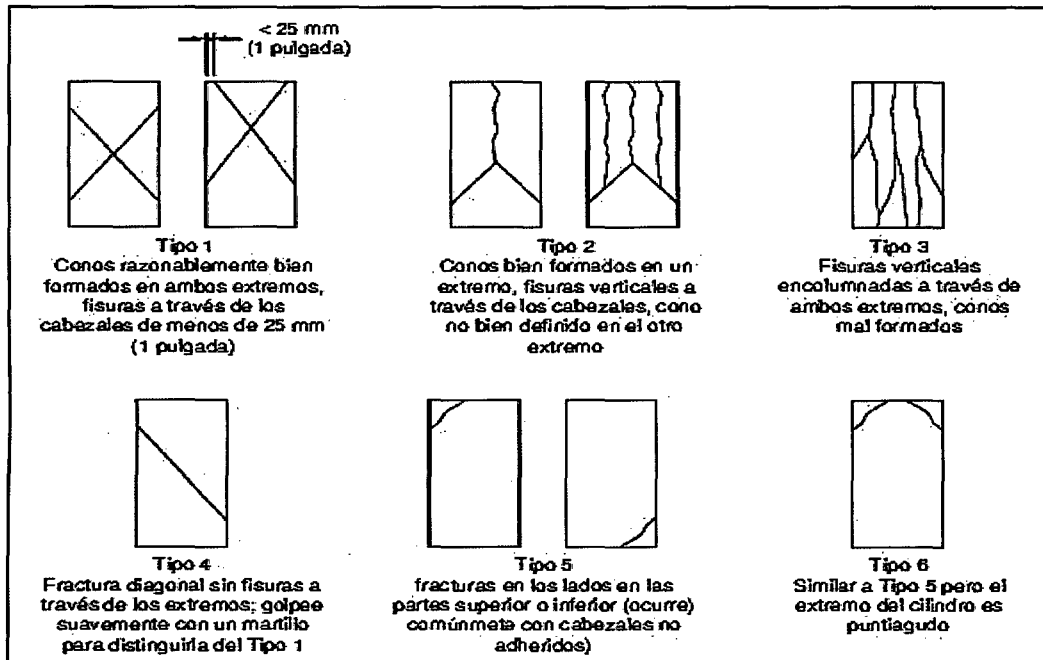


Figura N° 13: Esquema de los patrones de tipos de Fracturas.

Fuente: Norma NTP 339.034 - 2013.

3.13.2.2.4. Expresión de resultados.

Se calculó la resistencia a la compresión del concreto mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

R_c = Resistencia a compresión (Kg/cm²).

S = Superficie de carga (cm²).

P = Carga máxima (Kg).

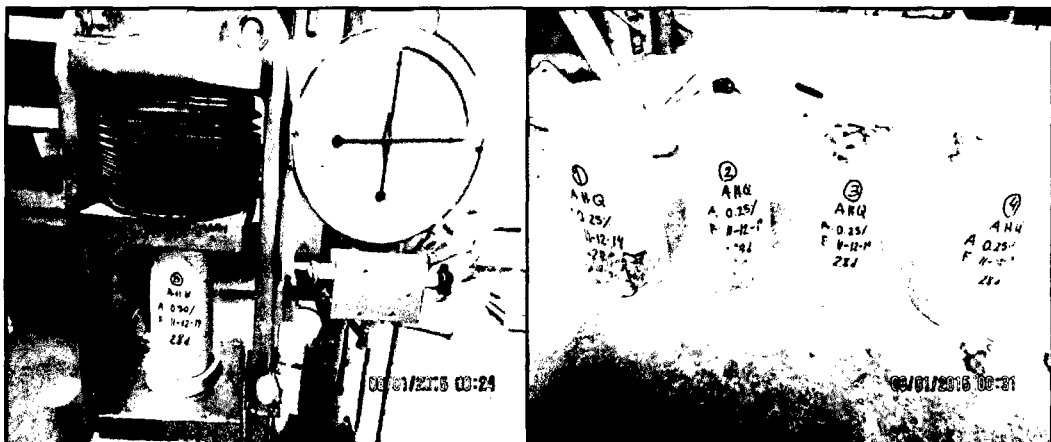


Figura N° 14: Identificación, ensayo a compresión y registro del tipo de falla de los especímenes.

3.13.2.3. RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.084** ó **ASTM C496**, que establece el ensayo a tracción indirecta de probetas.

La resistencia a tracción indirecta del concreto se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto con las diferentes adiciones de fibra en el tiempo. Se utilizó el mismo equipo empleado en las pruebas de resistencia a compresión, también se consiguió tener las tolerancias de una probeta de acuerdo a las edades de las muestras, según la **Tabla N° 39**.

En este ensayo se probaron especímenes cilíndricos en posición horizontal, sometiéndolos a la acción de dos fuerzas opuestas de compresión uniformemente distribuidas a lo largo de las generatrices contenidas en su plano vertical de simetría. A fin de reducir la concentración de esfuerzos de compresión que se producen a lo largo de las generatrices en que se aplican las cargas, se colocan dos tiras de material compresible (madera laminada) entre la superficie de concreto del espécimen y las placas que transmiten la carga, para evitar la ruptura del concreto por aplastamiento en las zonas de contacto, consiguiendo que el falle por efecto de los esfuerzos de tensión.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

3.13.2.3.1. Medición de la probeta.

La medición de las probetas se llevara a cabo siguiendo el protocolo que a continuación se detalla:

- Se coloca las probetas cilíndricas con la cara de llenado en un plano vertical lo más cerca posible a donde se efectuara el ensayo.
- Se miden los diámetros de las dos caras laterales de la probeta (a_1 , a_2 , b_1 y b_2) aproximadamente en el eje horizontal de cada diámetro.
- Se mide las alturas de los dos lados de la probeta cilíndrica (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.
- Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.5 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.

3.13.2.3.2. Identificación y colocado de la información.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la cara superior lisa opuesta al vaciado del espécimen con un plumón indeleble el número de espécimen (01, 02, 03, 04, 05 y 06), iniciales del nombre del tesista (A.H.Q), porcentaje de la adición de fibra de vidrio (0% o Concreto Patrón, 0.125%, 0.25% y 0.5%), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen, así como también el marcado de la generatriz del espécimen para identificar con facilidad la posición de la falla producido en el ensayo.

3.13.2.3.3. Ensayo.

Previo al ensayo, se debe observar que las placas de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas y zona de carga.

a) Posición de las probetas.

Se colocó la probeta con su cara de llenado en un plano perpendicular a la placa inferior y superior de la máquina compresora, obteniendo de esta manera tener al espécimen de forma echada en donde se puede observar las caras en donde previamente se ha plasmado la información e identificación de cada probeta.

b) Aplicación de la carga.

La carga se aplicó en forma similar que para el ensayo a compresión; de forma continua y sin choques, a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 ± 0.05 MPa/s (2.5 kg/cm^2).

Al aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente, el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido el cual debe ser observado, anotado así como debe también registrarse la carga máxima "P" expresada en toneladas, las deformaciones registradas con el deformímetro y las longitudes de la fisuración del espécimen luego de la aplicación de la carga.

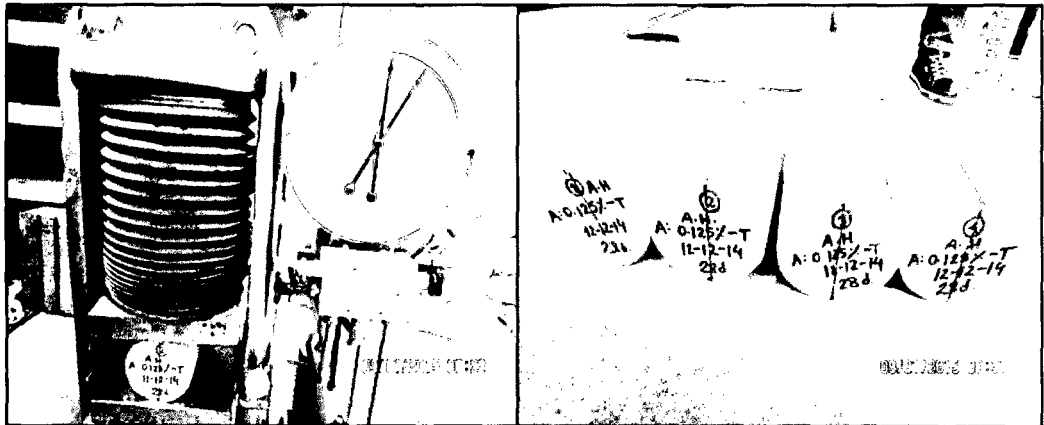


Figura N° 15: Identificación, ensayo a Tracción Indirecta y registro del tipo de falla de los especímenes.

3.13.2.3.4. Expresión de resultados.

Se calculó la resistencia a la Tracción Indirecta del concreto mediante la siguiente fórmula:

$$S_t = \frac{2 * P}{\pi * t * d} \dots \dots \dots (29)$$

Donde:

S_t = Resistencia a la Tracción Indirecta (Kg/cm²).

P = Carga máxima (Kg).

t = Altura de la probeta (cm).

d = DIÁMETRO de la probeta (cm).

π = Pi, número adimensional con valor de 3.1416.

3.13.2.4. RESISTENCIA A FLEXIÓN.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.079** ó **ASTM C293**, las presentes normas establece un procedimiento para determinar la resistencia a flexión de los especímenes de concreto.

Se ha considerado de interés el caracterizar los concretos del presente estudio en cuanto a su resistencia a la flexión, ello principalmente, debido a que una posible aplicación de estos hormigones sería la de pavimentos industriales, y en ese caso un aumento de la resistencia a flexión por efecto de las fibras sería muy beneficioso. El ensayo consiste en someter a una vigueta de hormigón simplemente apoyada, a una sollicitación de flexión mediante la acción de dos

cargas concentradas en los límites del tercio central de la luz de ensayo. La luz de ensayo cumplirá con las siguientes condiciones, según la forma de aplicación de la carga:

Cargas $P/2$ aplicadas en los límites del tercio central

$$L > 3 h \dots \dots \dots (30)$$

Donde:

L = luz de ensayo;

h = altura de la probeta.

La distancia x entre cada línea de apoyo y el extremo más cercano de la probeta será igual o mayor a 2,5cm (ver Figura N° 16).

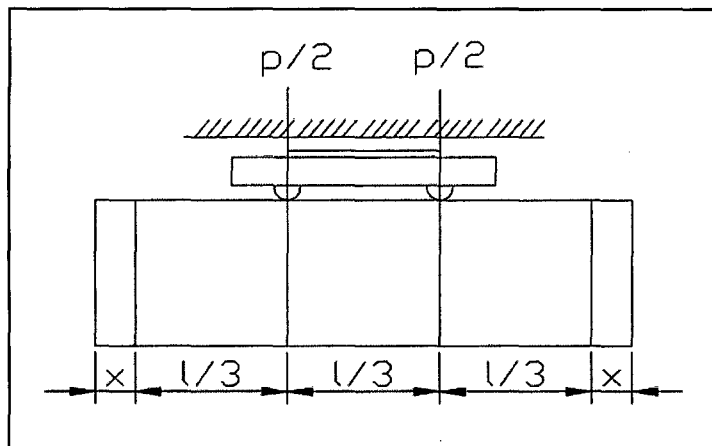


Figura N° 16: Ensayo de Flexión con carga en $P/2$.
Fuente: Norma ASTM C293.

3.13.2.4.1. Medición de la probeta.

- Se coloca las probetas cilíndricas con la cara de llenado en un plano vertical lo más cerca posible a donde se efectuara el ensayo.
- Trazar rectas finas con un plumón indeleble sobre las cuatro caras mayores que marquen las secciones de apoyo y de carga y que no alteren el tamaño, forma o características estructurales de las probetas.
- Al realizar el trazado se recomienda verificar la rectitud de los contactos con la regla rectificadora. No debe pasar luz entre la cara de la probeta y la regla utilizada para medir.

- Verificar y registrar la luz de ensayo, expresándola en milímetros con aproximación a 1mm, medida en la cara inferior de la probeta en su posición de ensayo.
- Se miden las aristas de las dos caras laterales de las probetas (a_1 , a_2 , b_1 y b_2).
- Se mide las longitudes de los dos lados de la probeta prismática (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.
- Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm y un metro.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.5 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.
- Limpiar la superficie de las piezas de apoyo y carga de las zonas de contacto de la probeta.



Figura N° 17: Toma de las Medidas de las Probetas Prismáticas.

3.13.2.4.2. Identificación y colocado de la información.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la cara lisa del espécimen con un plumón indeleble el número de espécimen (01, 02, 03, 04, 05 y 06), iniciales del nombre del tesista (A.H.Q), porcentaje de la adición de fibra de vidrio (0% o Concreto Patrón, 0.125%, 0.25% y 0.5%), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen y el marcado de las zonas de apoyo y del centro de la luz de ensayo.

3.13.2.4.3. Ensayo.

- Colocar la probeta en la prensa de ensayo, dejando la cara de llenado en un plano vertical, y haciendo coincidir las líneas de trazado con las piezas de apoyo y de carga correspondientes.
- El contacto entre las probetas y cada pieza de apoyo o de carga deberá ser total.
- Se aceptará una separación igual o menor a 0,05 mm.



Figura N° 18: Ensayo a Flexión y ruptura de los especímenes de concreto.

3.13.2.4.4. Expresión de resultados.

Si la fractura de la probeta se produce en el tercio central de la luz de ensayo, se calcula la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{(P * L)}{(b * h^2)} \dots \dots \dots (31)$$

Donde:

R = Tensión de rotura (Kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada (kg).

L = Luz de ensayo de la probeta (cm).

b = Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura (cm).

h = Altura promedio de la probeta en la sección de rotura (cm).

3.13.2.5. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

El módulo de elasticidad del concreto se determinó con 3 diferentes formas:

- **NORMA NTE - E 0.60 (2009).**

Para concretos normales con pesos unitarios aproximadamente de 2300 Kg/m³, E_c puede tomarse como:

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (32)$$

- **Comité ACI 363R-92.**

El Comité ACI 363R-92 en el capítulo 5, para el cálculo del Módulo Estático de Elasticidad, enuncia en la página 23, lo siguiente:

Para el cálculo del módulo de elasticidad se puede usar la siguiente expresión:

$$E_c = 3320 \sqrt{f'_c} + 6900 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (33)$$

Esta última expresión fue propuesta por: Russell, Sausier y Pfeiffer, siendo una ecuación empírica, por lo cual no se le considera como una estricta norma, más bien como un parámetro de comparación con la expresión del ACI 318S-05 (coincide con la NTE E0.60 para hallar E_c).

- **SEGÚN LA GRÁFICA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN.**

Por la dificultad de obtener una lectura del deformímetro confiable por la variación que ofrece los cabezales de neopreno y al ser difícil de distinguir el punto de rotura, es que se acude a un artificio de paralela. Consiste en trazar una paralela a la porción rectilínea de la curva Esfuerzo vs Deformación, dicha línea de proporcionalidad se tomará desde el esfuerzo máximo alcanzado por el espécimen de concreto de tal manera que corte a la abscisa (deformación unitaria) en 0.2%.

Se hallará la tangente de la línea trazada y por ser proporcional a la curva Esfuerzo vs Deformación se habrá determinado el módulo de elasticidad del espécimen de concreto, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Tang } \theta = E_c = \frac{\text{Esfuerzo Máx.}}{(0.002 - \text{Defor. Unitaria Máx.})} \dots\dots\dots (34)$$

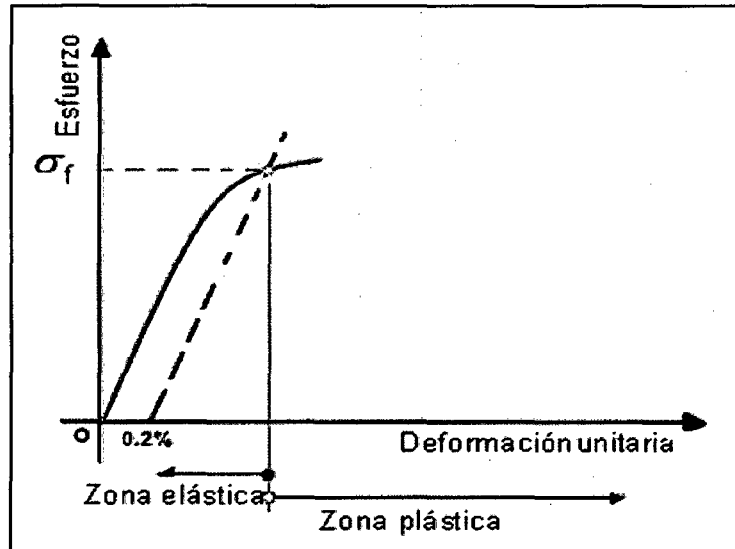


Figura N° 19: Ensayo a Flexión y ruptura de los especímenes de concreto
Fuente: García, 2007.

3.14. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Antes del tratamiento, análisis de los datos y presentación de resultados, según el diseño de la investigación, se obtuvo y presentó los resultados de las características de los materiales utilizados en la mezcla tanto en los especímenes con concreto patrón (0% de fibra) como aquellos en los que se le adicionó diferentes porcentajes de fibra de vidrio (0.125%, 0.25% y 0.5%).

Para recopilar la información se usaron los Métodos Cuantitativo y Cualitativo.

El Método Cuantitativo se usó para medir las variables cuantitativas de estudio de las dosificaciones de concreto elaboradas; para lo cual se emplearon equipos e instrumentos del laboratorio tales como:

- Máquina de ensayo a compresión.
- Máquina de ensayo a tracción indirecta.
- Máquina de ensayo a Flexión.
- Moldes adecuados para la elaboración de los especímenes de concreto (cilíndricos y prismáticos).
- Tamices compatibles con las NTP y ASTM correspondientes.
- Balanzas, reglas, varillas, cucharones, badilejo, plancha, etc.

El Método Cualitativo se usó para describir algunas propiedades o variables cualitativas de las dosificaciones de concreto, para lo cual se empleó la observación directa en el laboratorio, tales como:

- Apariencia del concreto.
- Trabajabilidad del concreto.
- Tipo de fractura y modo de falla.
- Espesor de la abertura.

3.14.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS.

La información cuantitativa que se obtuvo de las variables de estudio de las diferentes dosificaciones de concreto fue procesada mediante métodos estadísticos como la determinación de promedios, el análisis de varianza, etc. Para lo cual se emplearon programas computarizados como el Microsoft Word y Excel.

3.14.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Los resultados de los ensayos realizados están sujetos a variaciones, que indicarían la uniformidad de estos resultados y el cuidado en la realización de los ensayos. Asimismo, con estas variaciones se puede diferenciar el comportamiento de las dosificaciones de estudio mediante el análisis estadístico. Por ello se realizaron los análisis estadísticos de los resultados de las siguientes variables de evaluación:

- Asentamiento o Slump del concreto en estado fresco.
- Peso unitario del concreto fresco y endurecido (Densidad para los especímenes cilíndricos y prismáticos endurecidos).
- Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a los 07, 14 y 28 días de ensayo.
- Resistencia a tracción indirecta de los especímenes cilíndricos de concreto a los 07, 14 y 28 días de ensayo.
- Resistencia a flexión en especímenes prismáticos de concreto los 07, 14 y 28 días de ensayo.
- Módulos de elasticidad del concreto hallados a los 07, 14 y 28 días de ensayo.

- Longitudes y anchos de las fisuras producidas en los especímenes de concreto por la aplicación de cargas.
- Tipo de falla producido en los especímenes de concreto ensayados a compresión.
- Análisis de costo/ beneficio del concreto normal y el concreto adicionado con fibra de vidrio.

La presentación de estos datos se dio en tablas y gráficos. En las tablas se consideraron columnas con la información fundamental y necesaria: el número de orden, la codificación, la altura, el área, el peso, la carga, el esfuerzo y el tipo de falla de cada uno de los especímenes de las diferentes dosificaciones y adiciones de fibra. En los gráficos se utilizó del tipo de barras, dispersión y circular o también llamado torta, considerando la trabajabilidad, pesos unitarios, resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión, módulos de elasticidad, fisuración, tipos de falla y análisis del costo, que son tema de estudio de la presente investigación.

Utilizando el método de la comparación, se analizaron los datos tanto de los especímenes de concreto patrón con aquellos a los cuales se le fueron adicionados ciertos porcentajes de fibra, para determinar el nivel de variación de sus propiedades de ambos, utilizando el mismo tipo de cemento (Cemento Pacasmayo Tipo I), agua y agregados.

4. CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LA TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA DE CONCRETO.

Con el ensayo de trabajabilidad se logra apreciar una clara influencia de la presencia de las fibras en el concreto fresco, observándose una disminución de la docilidad de la mezcla a medida que aumentaba el porcentaje de fibra de vidrio adicionado.

Para determinar la trabajabilidad por medio del asentamiento, se realizaron seis (06) tandas de concreto para cada tipo de adición con fibra, luego se calculó el promedio del asentamiento de cada tanda.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 07** y **Tabla N° 08**, y su representación se aprecia en los **Gráfico N° 01** y **Gráfico N° 02**.

Tabla N° 07: Asentamiento de las tandas de concreto según los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio.

TANDA	PATRÓN	0.125 % DE FIBRA	0.25 % DE FIBRA	0.50 % DE FIBRA
	ASENTAMIENTO DE CONO en "cm"			
N° 01	10.70	9.00	8.30	7.80
N° 02	9.80	9.40	8.70	8.10
N° 03	10.20	9.10	8.80	7.40
N° 04	9.70	9.60	9.00	7.90
N° 05	9.90	9.00	8.90	8.00
N° 06	9.50	10.00	8.80	7.70
PROMEDIO	9.967	9.350	8.750	7.817

Tabla N° 08: Variación porcentual del asentamiento de las diferentes adiciones de fibra de vidrio con respecto al patrón.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	ASENTAMIENTO (cm.)	VARIACIÓN DEL ASENT. CON RESPECTO AL PATRÓN.
PATRÓN	9.967	—
0.125 % DE FIBRA	9.350	6.19 %
0.25 % DE FIBRA	8.750	12.21 %
0.50 % DE FIBRA	7.817	21.57 %

A medida que aumenta la cantidad de fibra de vidrio adicionada a la mezcla de concreto, el asentamiento es menor. Se observa, entonces, una proporcionalidad inversa entre la cantidad de fibra adicionada y el asentamiento. Es decir, a mayor porcentaje de fibra adicionado menor será el asentamiento de cono.

El mayor asentamiento correspondió al concreto patrón con 9.967 cm, mientras que la menor alcanzó los 7.817 cm, es decir, 2.15 cm de diferencia respecto del mayor. Este último valor correspondió al concreto que contiene 0.50% de fibra de vidrio, como se indica en la **Tabla N° 08**.

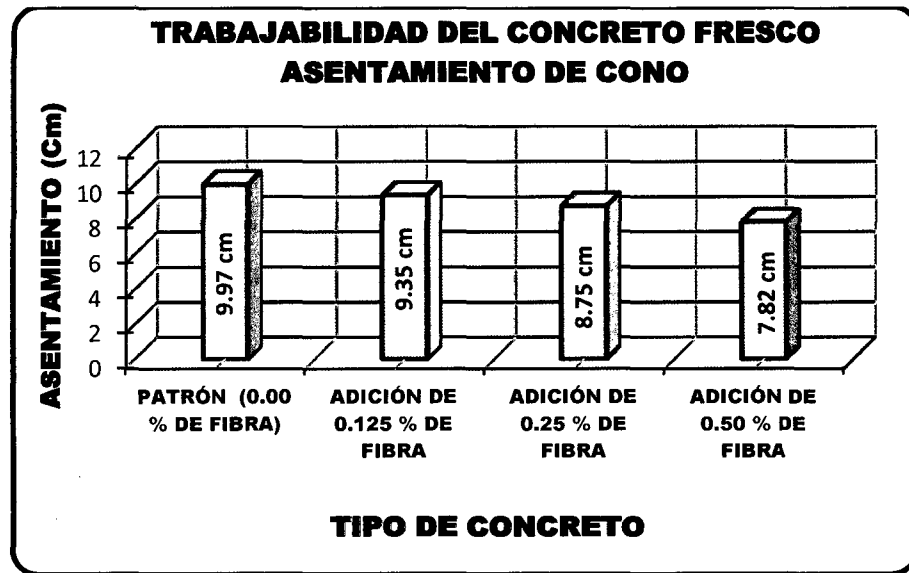


Gráfico N° 01: Trabajabilidad del concreto fresco de los distintos porcentajes de adición de fibra.

El menor porcentaje de variación entre un concreto con fibra y el concreto patrón lo obtuvo el concreto que contiene 0.125% de fibra de vidrio. Esta variación con respecto al concreto patrón alcanzó al 6.19%, tal como puede ser apreciado en el **Gráfico N° 02**. Por su parte la máxima variación con respecto al concreto patrón correspondió al concreto que contiene 0.50% de fibra de vidrio. Dicha variación correspondió al 21.57%. El concreto con 0.25% de fibra de vidrio ocupó el valor intermedio, obteniendo variaciones de 12.21%.

Con la observación y manipulación del concreto durante los ensayos de asentamiento se observó que a pesar de obtener una consistencia dentro del rango plástico (3 a 4 pulg.), según el diseño de concreto, la trabajabilidad de las mezclas de concreto fue disminuyendo conforme se incrementó el porcentaje de fibra, esto debido a que los filamentos de fibras de vidrio atrapaban el cemento, agua y agregado fino, dejando una mezcla sobregravosa, este problema se agrava mientras mayor sea el porcentaje de adición de fibra, esto impedía la penetración de la varilla de compactación en la misma.

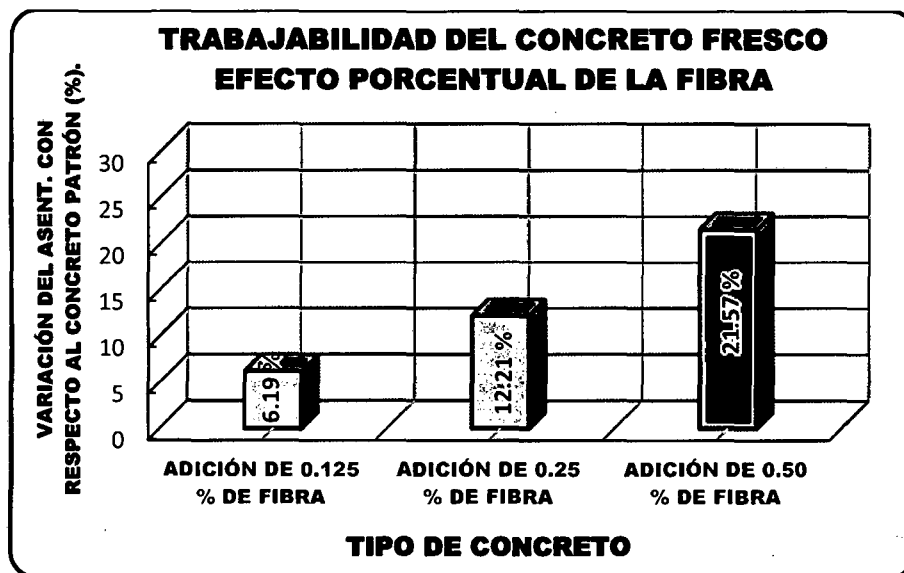


Gráfico N° 02: Variación porcentual del asentamiento por influencia de la fibra de vidrio adicionado con respecto al patrón.

4.2. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO.

Para determinar el peso unitario del concreto fresco, al igual que para la trabajabilidad, se realizaron seis (06) tandas de concreto para cada tipo de adición con fibra (al igual que para el asentamiento se determinó con cada tanda realizada), luego se calculó el promedio para cada porcentaje de fibra adicionada.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 09** y **Tabla N° 10**, y su representación se aprecia en los **Gráfico N° 03** y **Gráfico N° 04**.

Tabla N° 09: Peso unitario del concreto fresco de las diferentes tandas según los porcentajes de adición de fibra de vidrio.

TANDA	PATRÓN	0.125 % DE FIBRA	0.25 % DE FIBRA	0.50 % DE FIBRA
	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO EN "Kg/m ³ "			
N° 01	2387.63	2308.25	2303.09	2312.37
N° 02	2400.62	2315.46	2311.34	2257.73
N° 03	2359.79	2327.84	2323.71	2253.61
N° 04	2387.22	2318.56	2292.78	2302.06
N° 05	2295.36	2320.62	2321.65	2268.04
N° 06	2369.59	2330.41	2323.71	2245.36
PROMEDIO	2366.70	2320.19	2312.71	2273.20

Tabla N° 10: Variación porcentual del peso unitario del concreto fresco de las diferentes adiciones de fibra de vidrio con respecto al patrón.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/ m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° FRESCO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2366.70	—
0.125 % DE FIBRA	2320.19	1.97 %
0.25 % DE FIBRA	2312.71	2.28 %
0.50 % DE FIBRA	2273.20	3.95 %

En la **Tabla N° 10** se observa los pesos unitarios del concreto fresco de los diferentes porcentajes de adición de fibra, teniendo un peso unitario de 2366.70 Kg/m³ para el concreto patrón, 2320.19 Kg/m³ para el concreto con adición de 0.125% de fibra, 2312.71 Kg/m³ para el concreto con adición de 0.25% de fibra y 2273.20 Kg/m³ para el concreto con adición más alta igual a 0.50% de fibra.

El porcentaje de variación entre un concreto con fibra y el concreto patrón es insignificativo. La mínima variación lo obtuvo el concreto que contiene 0.125 % de fibra de vidrio. Esta variación con respecto al concreto patrón alcanzó al 1.97%, tal como puede ser apreciado en el **Gráfico N° 04**. Por su parte la máxima variación con respecto al concreto patrón correspondió al concreto que contiene 0.50% de fibra de vidrio. Dicha variación es 3.95%. El concreto con 0.25% de fibra de vidrio ocupó el valor intermedio, con una variación de 2.28%.

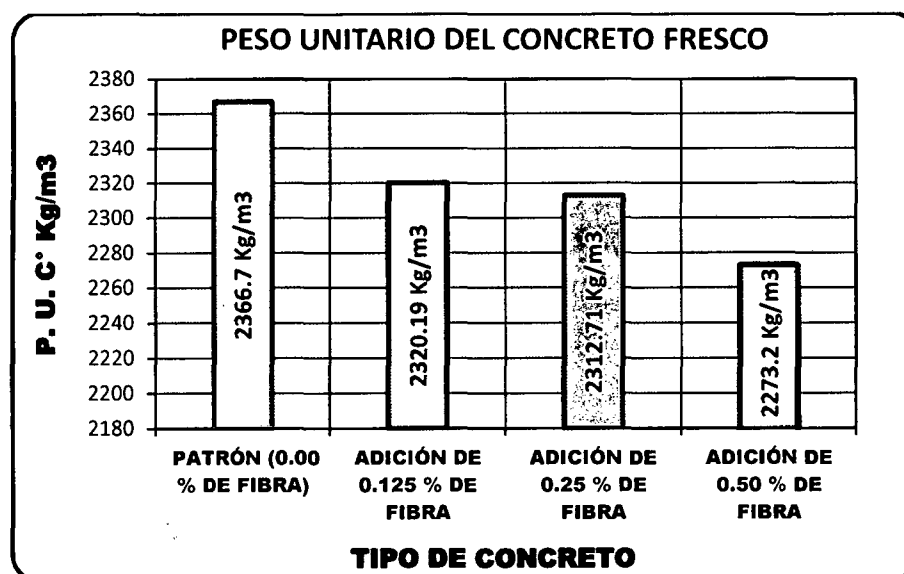


Gráfico N° 03: Peso unitario del concreto fresco de los distintos porcentajes de adición de fibra.

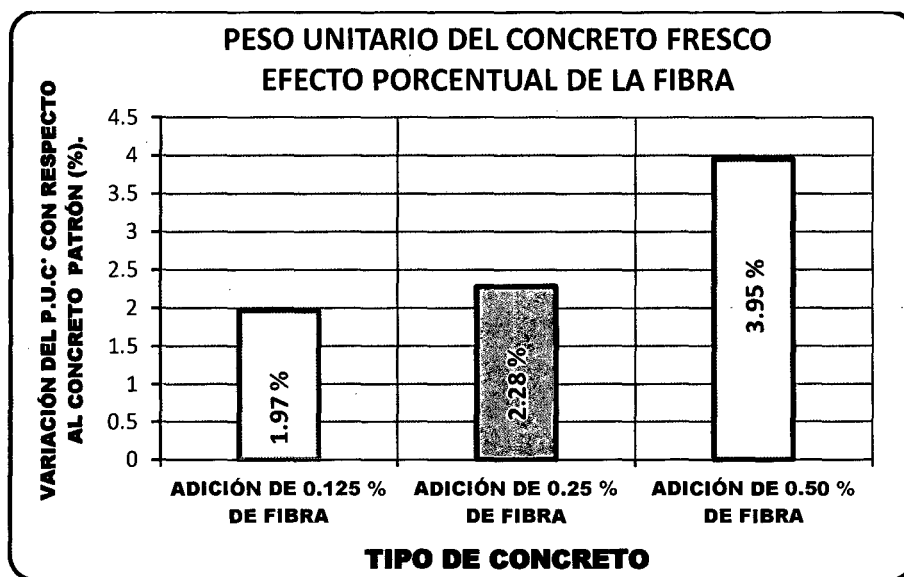


Gráfico N° 04: Variación porcentual del Peso unitario del concreto fresco por influencia de la fibra de vidrio adicionado con respecto al patrón.

Como se observa en el **Gráfico N° 04** se muestra que la adición de fibra no influye significativamente en el peso unitario del concreto en estado fresco, ya que todos los promedios se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales que van desde 2200kg/m^3 (Concreto liviano) a 2400kg/m^3 (Concreto pesado).

4.3. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO.

Con el ensayo de peso unitario del concreto se logra apreciar una influencia poco significativa de la presencia de las fibras en el concreto en estado endurecido.

Para determinar el peso unitario del concreto endurecido, se tomó el promedio de los pesos unitarios de los 18 especímenes de concreto realizados para todos los ensayos realizados (06 a compresión, 06 a tracción indirecta y 06 a flexión) para cada adición de fibra, a los 28 días de su fabricación.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 11** y **Tabla N° 12**, y su representación se aprecia en los **Gráfico N° 05** y **Gráfico N° 06**.

Tabla N° 11: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días de los diferentes porcentajes de adición de fibra para todas las tandas y ensayos.

ENSAYO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO EN "Kg/m ³ "				
	PROBETA	PATRÓN	0.125 % DE FIBRA	0.25 % DE FIBRA	0.50 % DE FIBRA
COMPRESIÓN	N° 01	2376.90	2328.91	2313.21	2269.35
	N° 02	2374.01	2320.22	2312.25	2298.45
	N° 03	2370.07	2329.97	2325.35	2277.26
	N° 04	2362.96	2325.92	2303.41	2290.03
	N° 05	2362.60	2309.64	2323.21	2266.82
	N° 06	2352.62	2320.92	2315.64	2288.63
TRACCIÓN	N° 01	2371.17	2326.91	2319.83	2271.71
	N° 02	2374.22	2334.72	2304.07	2285.21
	N° 03	2366.18	2329.70	2307.62	2286.15
	N° 04	2360.09	2323.21	2292.83	2291.81
	N° 05	2373.54	2330.82	2311.89	2272.90
	N° 06	2375.03	2328.57	2318.20	2276.66
FLEXIÓN	N° 01	2330.44	2310.48	2312.71	2278.50
	N° 02	2331.71	2345.28	2315.67	2261.90
	N° 03	2354.69	2338.46	2312.15	2300.91
	N° 04	2329.71	2342.58	2324.55	2284.53
	N° 05	2335.06	2350.74	2300.90	2252.58
	N° 06	2333.93	2345.39	2320.94	2296.64
PROMEDIO	2357.49	2330.14	2313.02	2280.56	

Tabla N° 12: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido de las diferentes adiciones de fibra con respecto al patrón.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDU. A LOS 28 DÍAS (Kg/ m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° ENDU. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
PATRÓN	2357.49	—
0.125 % DE FIBRA	2330.14	1.16 %
0.25 % DE FIBRA	2313.02	1.89 %
0.50 % DE FIBRA	2280.56	3.26 %

En la **Tabla N° 12** se observa los pesos unitarios del concreto endurecido de diferentes porcentajes de adición de fibra, teniendo un peso unitario de 2357.49 Kg/m³ para el concreto patrón, 2330.14 Kg/m³ para el concreto con adición de 0.125% de fibra, 2313.02 Kg/m³ para el concreto con adición de 0.25% de fibra y 2280.56 Kg/m³ para el concreto con adición más alta igual a 0.50% de fibra.

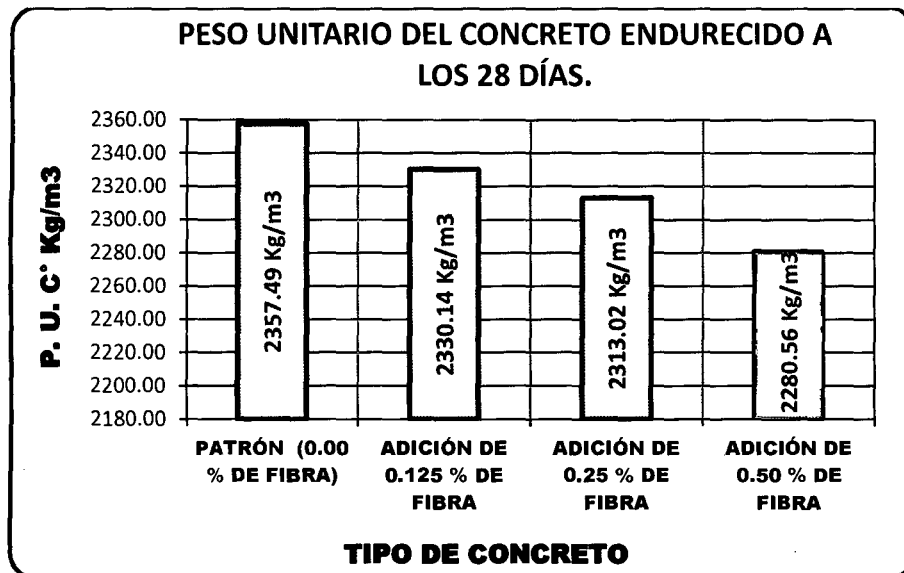


Gráfico N° 05: Peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para los distintos ensayos y porcentajes de adición de fibra.

El porcentaje de variación entre un concreto con fibra y el concreto patrón es poco significativo. La mínima variación lo obtuvo el concreto que contiene 0.125% de fibra de vidrio. Esta variación con respecto al patrón alcanzó al 1.16%, tal como puede ser apreciado en el **Gráfico N° 06**. Por su parte la máxima variación con respecto al patrón correspondió al concreto que contiene 0.50% de fibra de vidrio, dicha variación correspondió al 3.26%. El concreto con 0.25% de fibra de vidrio ocupó el valor intermedio, con una variación de 1.89%.

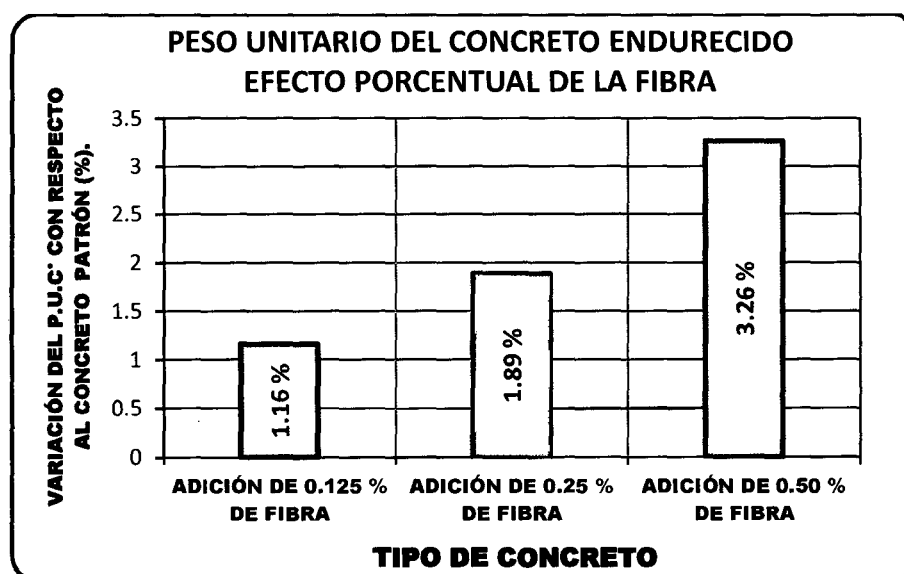


Gráfico N° 06: Variación porcentual del Peso unitario del concreto endurecido por influencia de la fibra adicionada respecto al patrón.

Como se observa en el **Gráfico N° 06** se muestra que la adición de fibra no influye significativamente en el peso unitario del concreto en estado endurecido, ya que todos los promedios se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales que van desde 2200kg/m³ (Concreto liviano) a 2400kg/m³(Concreto pesado).

4.4. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

Al realizar el ensayo de compresión a los 06 especímenes de concreto a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de fibra (patrón, 0.125%, 0.25% y 0.50%) teniendo un total de 72 especímenes ensayados a compresión, se obtienen los valores que se indican en las **Tabla N° 13** y **Tabla N° 14**.

Tabla N° 13: Resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN Kg/cm ²		
PATRÓN	158.31	201.06	223.90
0.125 % DE FIBRA	160.98	203.45	228.44
0.25 % DE FIBRA	163.11	208.23	232.17
0.50 % DE FIBRA	165.63	210.74	235.20

Tabla N° 14: Variación porcentual de la resistencia a compresión promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
PATRÓN	0.00 %	0.00 %	0.00 %
0.125 % DE FIBRA	1.68 %	1.19 %	2.03 %
0.25 % DE FIBRA	3.03 %	3.57 %	3.69 %
0.50 % DE FIBRA	4.63 %	4.81 %	5.05 %

La **Tabla N° 13** indica, que si bien al aumentar la cantidad de fibra adicionada aumenta la resistencia a la compresión, este aumento es muy pequeño.

En el **Gráfico N° 07** se aprecia que mientras la resistencia menor a los 07 días alcanzó a los 158.31 kg/cm², correspondiendo este valor al patrón, el mayor valor alcanzó a los 165.11 kg/cm², obtenido por el concreto con 0.50% de fibra. Así mismo, en el ensayo a los 14 días alcanzó a los 201.06 kg/cm²,

correspondiendo este valor al patrón, el mayor valor alcanzó a los 210.74 kg/cm², obtenido por el concreto con 0.50% de fibra. De la misma forma, en el ensayo a 28 días, los valores extremos fueron también alcanzados por el patrón con una marca de 223.90 kg/cm², y el concreto con 0.50% de fibra se obtuvo un valor de 235.20 kg/cm². Los concretos con adición de 0.125 y 0.25%, obtuvieron valores intermedios entre el patrón y el concreto con adición de 0.50% de fibra, tanto en el ensayo a 07 días como en el ensayo a 28 días.

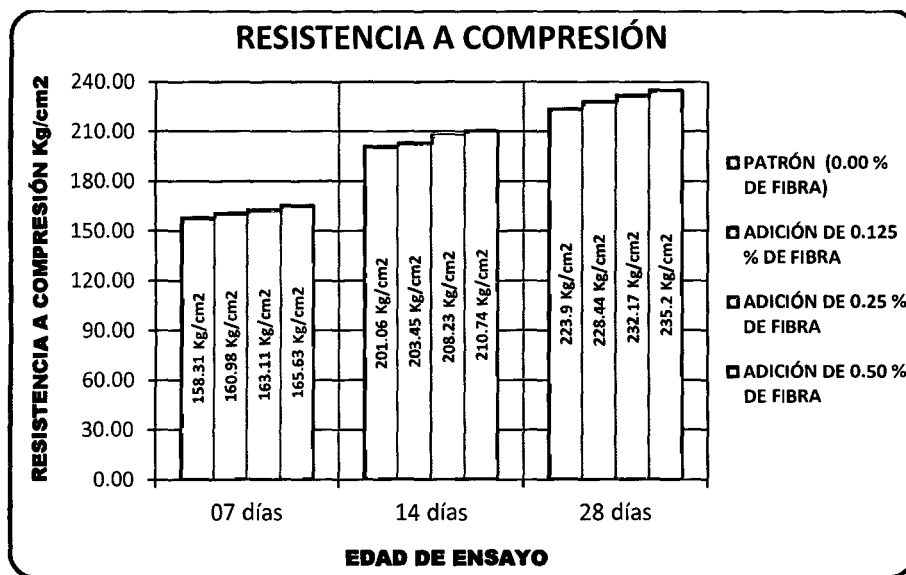


Gráfico N° 07: Resistencia a la compresión por influencia de la fibra agregada a los 07, 14 y 28 días.

En el **Gráfico N° 08** se puede apreciar que si bien hay un efecto en el aumento de la resistencia a la compresión a medida que se adiciona mayor porcentaje de fibra de vidrio, porcentualmente este aumento es muy poco, variando entre el 1.68% y el 4.63%, respecto al concreto patrón, en el caso de los ensayos a 07 días, entre el 1.19% y el 4.81%, respecto al concreto patrón, en el caso de los ensayos a 14 días y entre el 2.03% y el 5.05%, respecto al patrón, en el caso de los ensayos a 28 días. Dichos valores extremos fueron obtenidos por los concretos con adición de 0.125 y 0.50% de fibra respectivamente. Tanto a los 07, 14 y 28 días el porcentaje de aumento de la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón, parece ser similar fijando un tipo de concreto con fibra. Por ejemplo, para el concreto con adición de 0.125% de fibra la variación a los 07 días alcanzó al 1.68%, a los 14 días 1.19%, mientras que para los 28

días, el mismo concreto registró 2.03% de variación respecto al concreto patrón. Una situación similar ocurre con el concreto con adición de 0.25%, que registró unos valores de 3.03%, 3.57 % y 3.69% de variación con respecto al concreto patrón, a los 07, 14 y 28 días, respectivamente. El concreto con adición de 0.50% de fibra se comportó de manera similar a los anteriores.

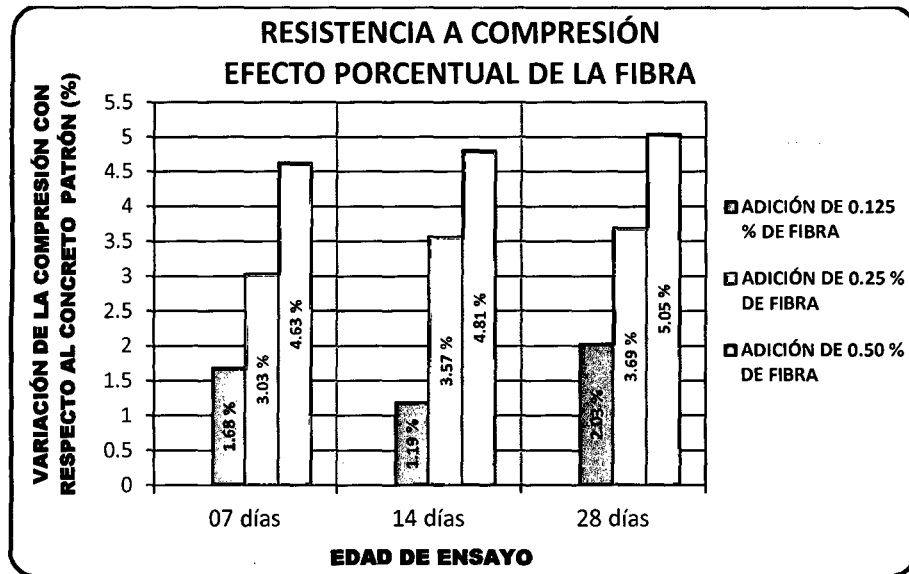


Gráfico N° 08: Variación porcentual de la resistencia a la compresión por influencia de la fibra agregada con respecto al concreto patrón.

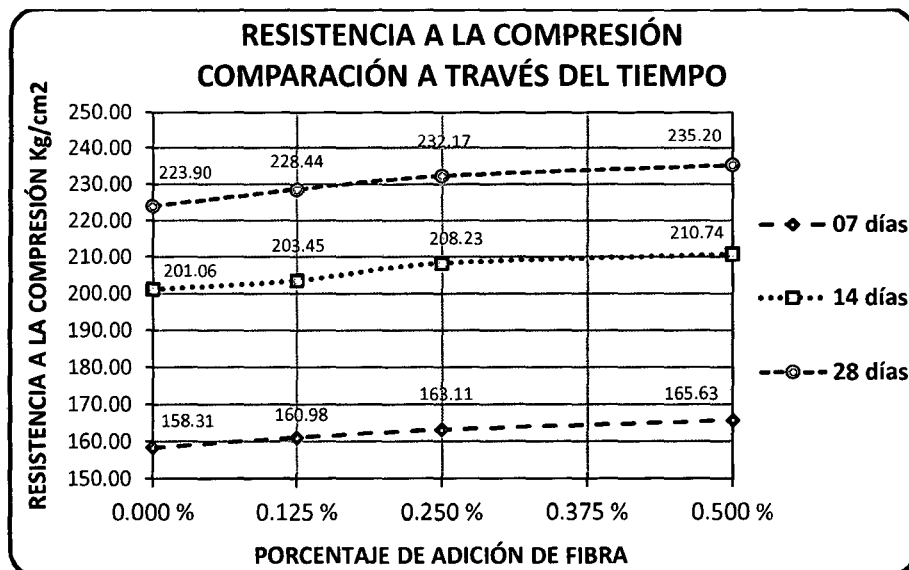


Gráfico N° 09: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión a diferentes edades y adiciones de fibra.

En el **Gráfico N° 09** se desarrolla el consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que existe un incremento considerable en la resistencia de 07 a 14 días que va disminuyendo de 14 a 28 días. Del mismo modo se observa que la resistencia se incrementa en forma moderada cuando la adición de fibra es de 0% a 0.25% y aumenta con la adición más alta, de 0.50% de fibra para las tres edades de ensayo.

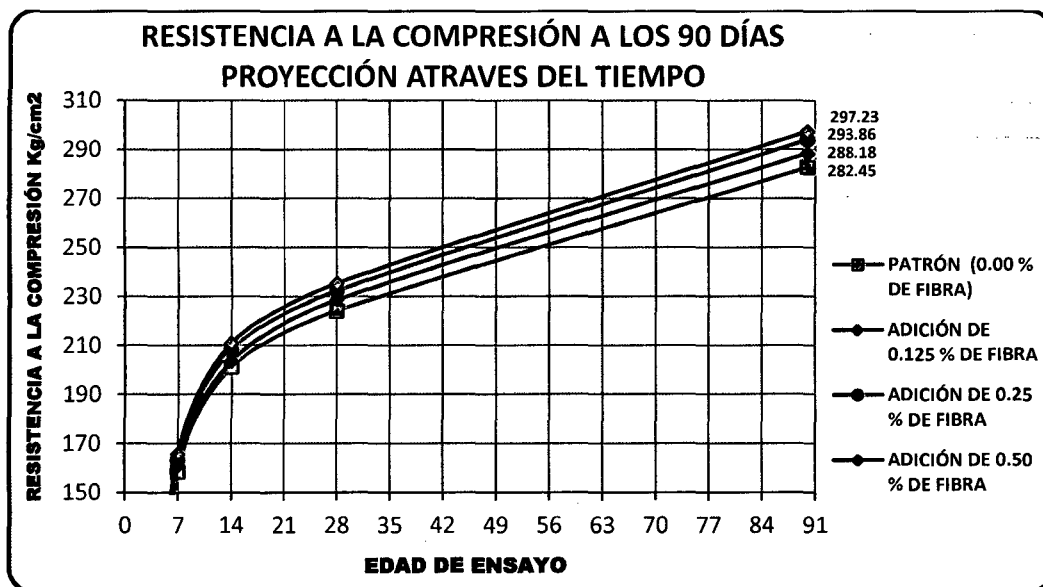


Gráfico N° 10: Resistencia a compresión a los 56 y 90 días de los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio.

El **Gráfico N° 10** muestra una proyección de la resistencia a compresión del concreto a 90 días con todos los porcentajes de adición de fibra, en este sentido se observa que el patrón llega a los 90 días con una resistencia a la compresión de 282.45 Kg/cm², mientras que tenemos una resistencia proyectada de 288.18 Kg/cm², 293.86 Kg/cm², 297.23 Kg/cm² para los concretos con 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra respectivamente.

4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.

Al realizar el ensayo de tracción indirecta a los 06 especímenes de concreto a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de fibra (patrón, 0.125%, 0.25% y 0.50%) teniendo un total de 72 especímenes ensayados a tracción, se obtienen los valores que se indican en las **Tabla N° 15** y **Tabla N° 16**.

Tabla N° 15: Resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
	RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA Kg/cm ²		
PATRÓN	16.93	18.76	21.34
0.125 % DE FIBRA	17.94	21.98	23.59
0.25 % DE FIBRA	18.17	22.03	25.18
0.50 % DE FIBRA	21.03	26.66	27.90

Tabla N° 16: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
PATRÓN	0.00 %	0.00 %	0.00 %
0.125 % DE FIBRA	5.96 %	17.15 %	10.51 %
0.25 % DE FIBRA	7.35 %	17.40 %	17.96 %
0.50 % DE FIBRA	24.19 %	42.09 %	30.74 %

Al realizar el ensayo de tracción indirecta se observa un importante aumento de la resistencia del concreto, tanto a los 07 como a los 14 y 28 días, a medida que aumenta el porcentaje de fibra presente en la mezcla de concreto, tal como muestra el **Gráfico N° 11**, destaca, en este sentido el concreto con 0.50% de fibra, que registra los valores más altos, para las tres edades del concreto, de resistencia a la tracción indirecta, siendo éstas de 21.03 kg/cm², para los 07 días, 26.66 kg/cm² para los 14 días y 27.90 kg/cm², para los 28 días. Por su parte los valores menores los registró el concreto patrón con 16.93, 18.76 y 21.34 kg/cm², para los 07, 14 y 28 días respectivamente. Los concretos con 0.125% y 0.25% de fibra, registraron valores comprendidos entre los que obtuvieron el concreto patrón y el concreto con 0.50% de fibra. Mientras el concreto contenía mayor cantidad de fibra, más alta fue su resistencia a la tracción indirecta tanto a los 07 como a los 14 y 28 días.



Gráfico N° 11: Resistencia a la tracción indirecta por influencia de la fibra agregada a los 07, 14 y 28 días.

Porcentualmente hablando (Ver Gráfico N° 12), el incremento más alto de resistencia a la tracción indirecta, con respecto al concreto patrón, lo mostró el concreto que contenía mayor cantidad de fibra de vidrio, con 0.50% de fibra, asimismo, la menor variación la registró el concreto que contenía menor cantidad de fibra de vidrio, 0.125% de fibra. Es decir, mientras mayor fue la cantidad de fibra de vidrio adicionada, mayor fue el aumento porcentual de la resistencia a tracción indirecta.

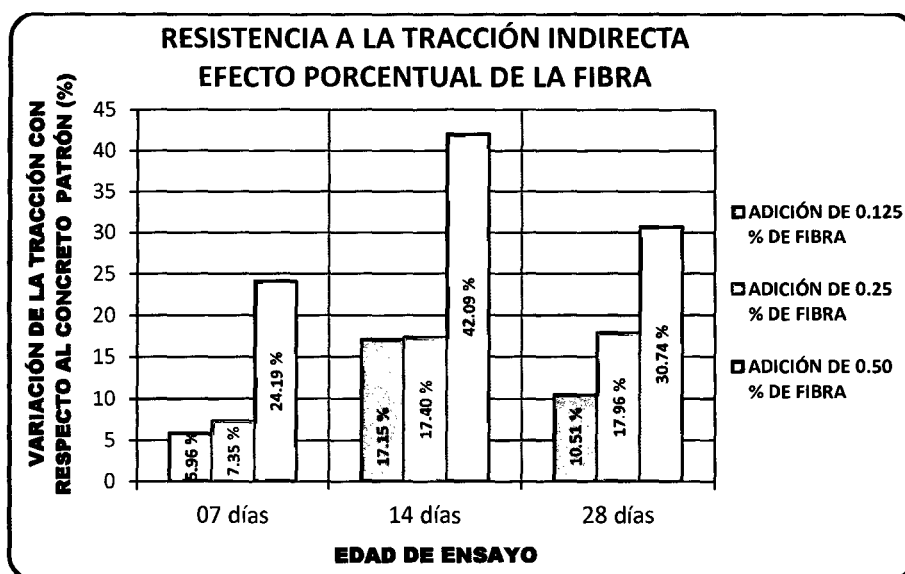


Gráfico N° 12: Variación porcentual de la resistencia a la tracción indirecta por influencia de la fibra agregada con respecto al concreto patrón.

El concreto con 0.50% de fibra registro un 24.19%, 42.09% y un 30.74% de variación de la resistencia a los 07, 14 y a los 28 días respectivamente, como se observa la mayor variación para este tipo de concreto se obtiene a los 14 días cuando normalmente es al revés, esto se debe a que la variación depende de la resistencia de concreto patrón, como se observa en la **Tabla N° 15**. Esto no quiere decir que la mayor resistencia se obtuvo a los 14 días sino que comparando las variaciones del concreto patrón con el concreto con 0.50% de fibra, a los 14 días hay una mayor variación de resistencia. El concreto con 0.25% de fibra registró valores de 7.35%, 17.40% y 17.96% de variación, también a los 07, 14 y 28 días de edad. Los demás concretos tuvieron porcentajes similares de variación en las tres edades.

En el **Gráfico N° 13** se desarrolla el consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a la tracción indirecta, a diferentes edades (0.7, 14 y 28 días) y porcentajes de adición de fibra (patrón, 0.125, 0.25 y 0.50 % de fibra), en este gráfico se puede observar que existe un incremento considerable en la resistencia de 07 a 14 días que va disminuyendo de 14 a 28 días considerablemente para todos los casos (porcentajes de adición de fibra). Del mismo modo se observa que la resistencia se incrementa en forma moderada cuando la adición de fibra es de 0% a 0.25% y aumenta con la adición más alta, de 0.50% de fibra para las tres edades de ensayo.

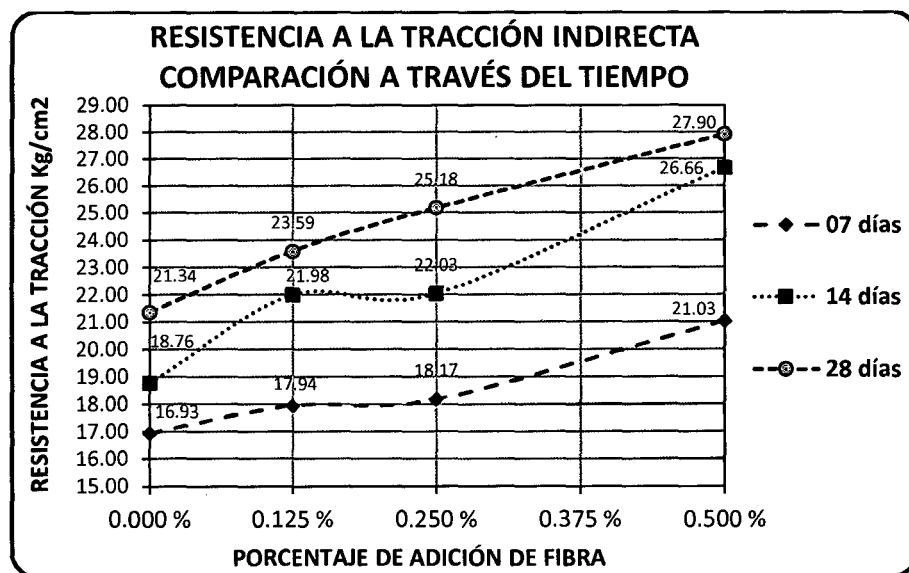


Gráfico N° 13: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a tracción indirecta a diferentes edades y adición de fibra.

El Gráfico N° 14 muestra una proyección de la resistencia a la tracción indirecta del concreto a 90 días con todos los porcentajes de adición de fibra, en este sentido se observa que el concreto patrón llega a los 90 días con una resistencia a la tracción de 25.83 Kg/cm², mientras que tenemos una resistencia proyectada de 30.36 Kg/cm², 33.45 Kg/cm², 36.57 Kg/cm² para los concretos con 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra de vidrio respectivamente.

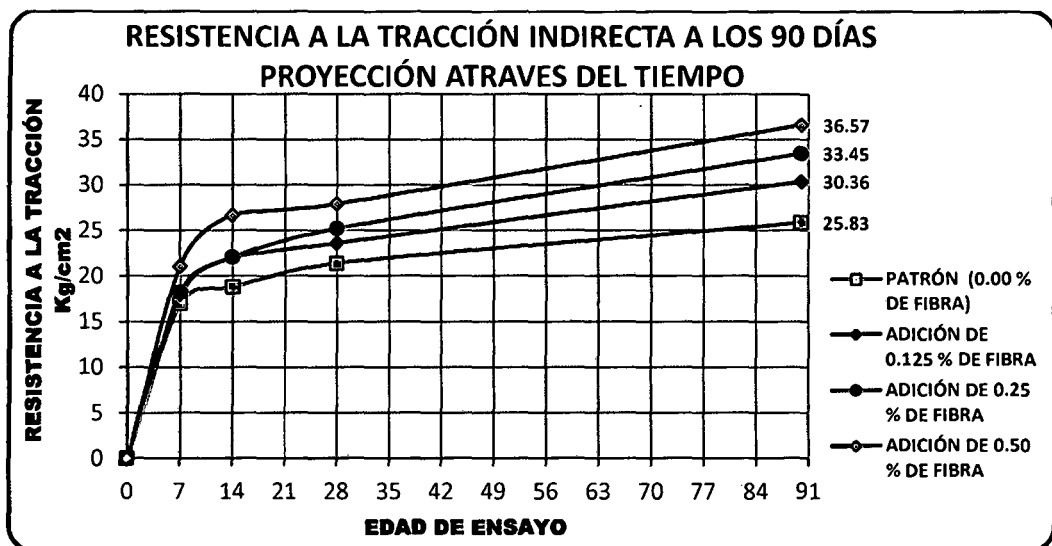


Gráfico N° 14: Proyección de la resistencia a la tracción indirecta a los 56 y 90 días de los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio.

4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

Al realizar el ensayo de flexión a los 06 especímenes de concreto a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de fibra (patrón, 0.125%, 0.25% y 0.50%) teniendo un total de 72 especímenes ensayados a flexión, se obtienen los valores que se indican en las Tabla N° 17 y Tabla N° 18.

Tabla N° 17: Resistencia a la flexión promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN Kg/cm ²		
PATRÓN	24.72	28.94	33.12
0.125 % DE FIBRA	25.02	29.93	37.40
0.25 % DE FIBRA	26.79	36.10	39.01
0.50 % DE FIBRA	31.02	39.47	45.11

Tabla N° 18: Variación porcentual de la resistencia a la flexión promedio de los diferentes porcentajes de fibra a 07, 14 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
PATRÓN	0.00 %	0.00 %	0.00 %
0.125 % DE FIBRA	1.23 %	3.43 %	12.94 %
0.25 % DE FIBRA	8.41 %	24.74 %	17.79 %
0.50 % DE FIBRA	25.52 %	36.38 %	36.20 %

Al realizar el ensayo a la flexión se observa un importante aumento de la resistencia del concreto, tanto a los 07 como a los 14 y 28 días, a medida que aumenta el porcentaje de fibra presente en la mezcla de concreto, tal como muestra el **Gráfico N° 15**, destaca, en este sentido el concreto con 0.50% de fibra, que registra los valores más altos, para las tres edades del concreto, de resistencia a la flexión, siendo éstas de 31.02 kg/cm², para los 07 días, 39.47 kg/cm² para los 14 días y 45.11 kg/cm², para los 28 días. Por su parte los valores menores los registró el concreto patrón con 24.72, 28.94 y 33.12 kg/cm², para los 07, 14 y 28 días respectivamente. Los concretos con 0.125% y 0.25% de fibra, registraron valores comprendidos entre los que obtuvieron el concreto patrón y el concreto con 0.50% de fibra. Mientras el concreto contenía mayor cantidad de fibra, más alta fue su resistencia a la flexión tanto a los 07 como a los 14 y 28 días.

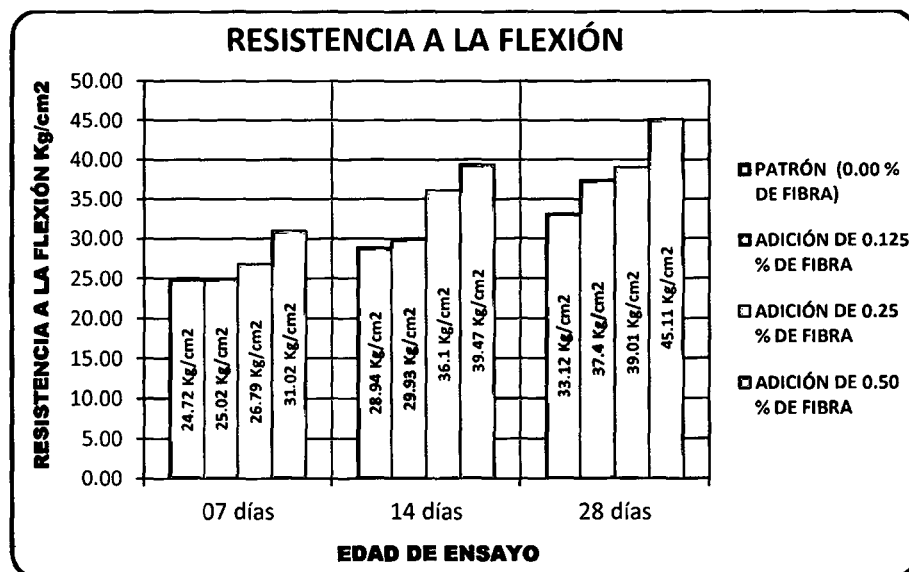


Gráfico N° 15: Resistencia a la flexión por influencia de la fibra agregada a los 07, 14 y 28 días.

Porcentualmente hablando (**Ver Gráfico N° 16**), el incremento más alto de resistencia a la flexión, con respecto al concreto patrón, lo mostró el concreto que contenía mayor cantidad de fibra de vidrio, con 0.50% de fibra, asimismo, la menor variación la registró el concreto que contenía menor cantidad de fibra de vidrio, 0.125 % de fibra. Es decir, mientras mayor fue la cantidad de fibra de vidrio adicionada, mayor fue el aumento porcentual de resistencia a la flexión.

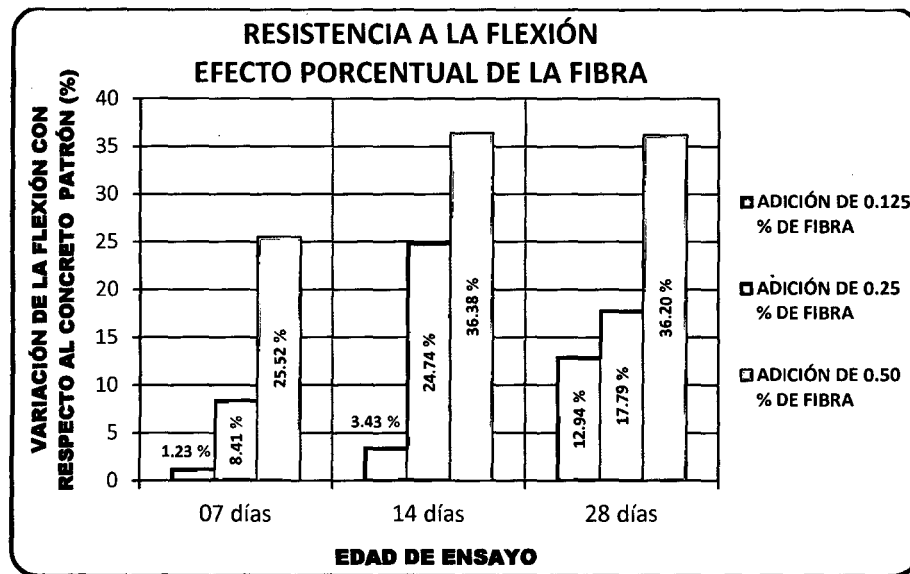


Gráfico N° 16: Variación porcentual de la resistencia a la flexión por influencia de la fibra agregada con respecto al concreto patrón.

El concreto con 0.50% de fibra registro un 25.52%, 36.38% y un 36.20% de variación de la resistencia a los 07, 14 y a los 28 días respectivamente, como se observa la mayor variación para este tipo de concreto se obtiene a los 14 días cuando normalmente es al revés, esto se debe a que la variación depende de la resistencia de concreto patrón, como se observa en la **Tabla N° 17**. Esto no quiere decir que la mayor resistencia se obtuvo a los 14 días sino que comparando las variaciones del concreto patrón con el concreto con 0.50% de fibra, a los 14 días hay una mayor variación de resistencia. El concreto con 0.25% de fibra registró valores de 8.41%, 24.74% y 17.79% de variación, también a los 07, 14 y 28 días de edad. Los demás concretos tuvieron porcentajes similares de variación en las tres edades.

En el **Gráfico N° 17** se desarrolla el consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a la flexión, a diferentes edades (07, 14 y 28 días) y porcentajes de adición de fibra (patrón, 0.125, 0.25 y 0.50 % de fibra), en este gráfico se puede observar que existe un incremento considerable en la resistencia de 07 a 14 días que va disminuyendo de 14 a 28 días considerablemente para todos los casos (porcentajes de adición de fibra). Del mismo modo se observa que la resistencia se incrementa en forma moderada cuando la adición de fibra es de 0% a 0.25% y aumenta con la adición más alta, de 0.50% de fibra para las tres edades de ensayo.

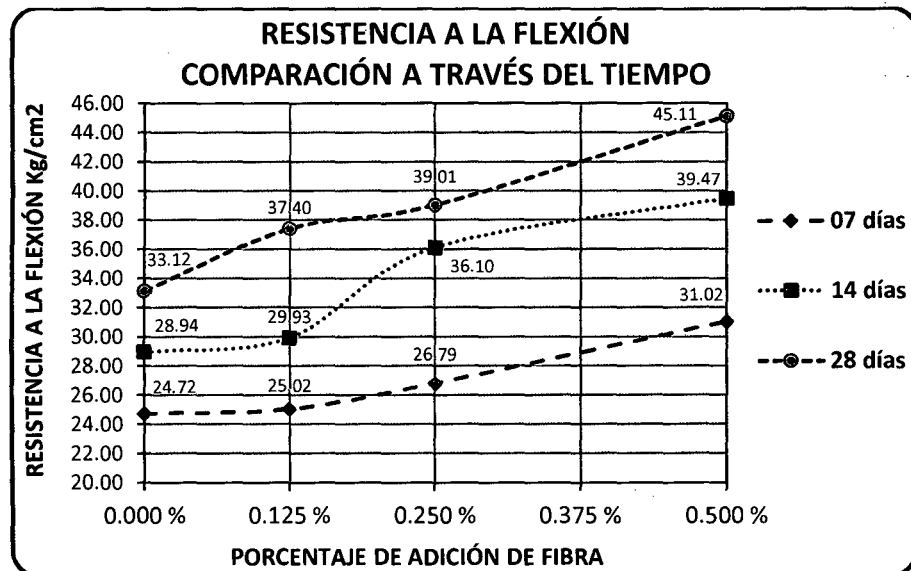


Gráfico N° 17: Consolidado a través del tiempo de los promedios de ensayos a la flexión a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra.

El **Gráfico N° 18** muestra una proyección de la resistencia a la flexión del concreto a 90 días con todos los porcentajes de adición de fibra, en este sentido se observa que el concreto patrón llega a los 90 días con una resistencia de 42.54 Kg/cm², mientras que tenemos una resistencia proyectada de 52.09 Kg/cm², 55.53 Kg/cm², 62.94 Kg/cm² para los concretos con 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra de vidrio respectivamente.

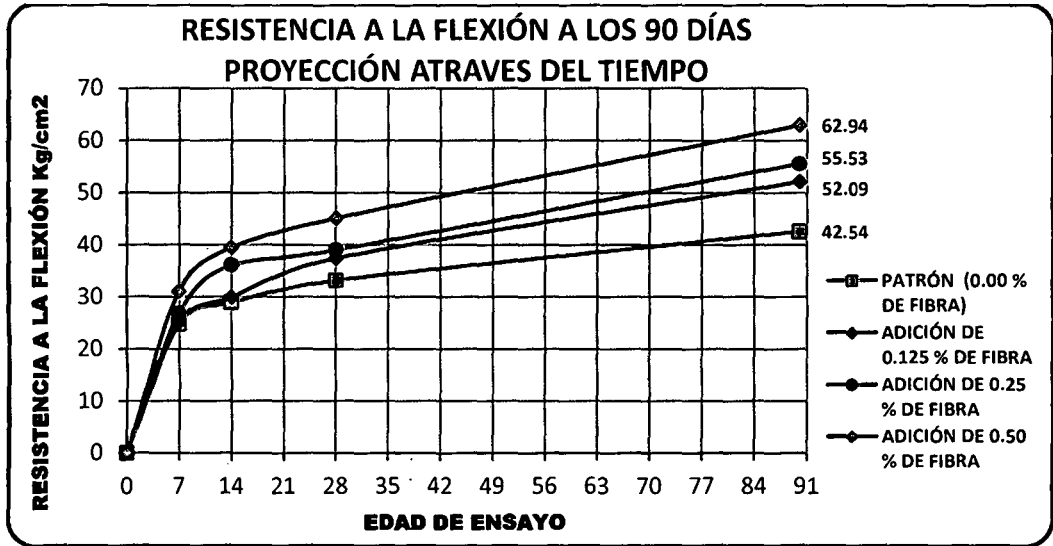


Gráfico N° 18: Resistencia a la tracción indirecta a los 56 y 90 días de los diferentes porcentajes de adición de fibra de vidrio.

4.7. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ESPECÍMEN.

EL módulo de elasticidad fue determinado a la edad de 07, 14 y 28 días, los resultados fueron obtenidos a través de los métodos establecidos por la Norma E.060, el ACI 363R y de las Gráficas realizados en especímenes cilíndricos ensayados a compresión. Las mezclas ensayadas fueron a 0%, 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra de vidrio. Los resultados del módulo de elasticidad se muestran en la Tabla N° 19 y Tabla N° 20.

Tabla N° 19: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de fibra según Norma E.060, ACI 363R y Gráfica a las tres edades de ensayo.

EDAD	% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	MÓDULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)			VARIACIÓN DE "Ec" SEGÚN GRÁFICA CON:	
		NORMA E.060	ACI 363R	GRÁFICA	NORMA E.060	ACI 363R
07 DÍAS	PATRÓN	188852.14	203810.23	175392.32	7.67 %	16.20 %
	0.125 % DE FIBRA	190459.26	204945.47	185868.18	2.47 %	10.26 %
	0.25 % DE FIBRA	191737.48	205848.38	183990.72	4.21 %	11.88 %
	0.50 % DE FIBRA	193217.99	206894.19	182241.01	6.02 %	13.53 %
14 DÍAS	PATRÓN	212878.27	220781.88	199272.21	6.83 %	10.79 %
	0.125 % DE FIBRA	214146.90	221678.01	197429.50	8.47 %	12.28 %
	0.25 % DE FIBRA	216648.27	223444.94	198842.33	8.95 %	12.37 %
	0.50 % DE FIBRA	217947.56	224362.74	202365.59	7.70 %	10.87 %
28 DÍAS	PATRÓN	224651.90	229098.57	204631.83	9.78 %	11.96 %
	0.125 % DE FIBRA	226915.23	230697.35	204877.85	10.76 %	12.60 %
	0.25 % DE FIBRA	228762.36	232002.13	204731.75	11.74 %	13.32 %
	0.50 % DE FIBRA	230247.97	233051.54	210321.91	9.47 %	10.81 %

La Tabla N° 19 muestra los módulos de elasticidad de los diferentes porcentajes de adición de fibra (patrón, 0.125%, 0.25% y 0.50 %), ensayados a los 07, 14 y 28 días, según Norma E.060, ACI 363R y los obtenidos de las Gráficas. En estos gráficos se puede observar, que los módulos obtenidos por Norma E.060 tienen una tendencia a aumentar cuando la adición de fibra es mayor, esto debido a que según este método el módulo de elasticidad está en función del esfuerzo de rotura y este aumenta según más alta sea la adición de fibra. Al igual que los módulos hallados con la Norma E.060 por el método del ACI 363R, se observa que el módulo aumenta a medida que más alta sea la adición de fibra, esto porque está en función del esfuerzo de rotura y este aumenta cuando más alta es la adición de fibra. En los módulos obtenidos por las gráficas realizadas mediante el esfuerzo y deformación de los especímenes de concreto, se observa que no tiene una tendencia definida esto debido a que son obtenidos experimentalmente y no solo muestra las deformaciones de los especímenes sino también la deformación que sufren las almohadillas de neopreno que se coloca durante el ensayo a las probetas hasta que se aplique la carga, de ahí que la mayoría de los gráficos esfuerzo vs deformación muestran una tendencia parabólica convexa en los primeros tramos y cóncava (como debería ser) en los últimos tramos, debido a las deformaciones excesivas en los primeros segundos del ensayo.

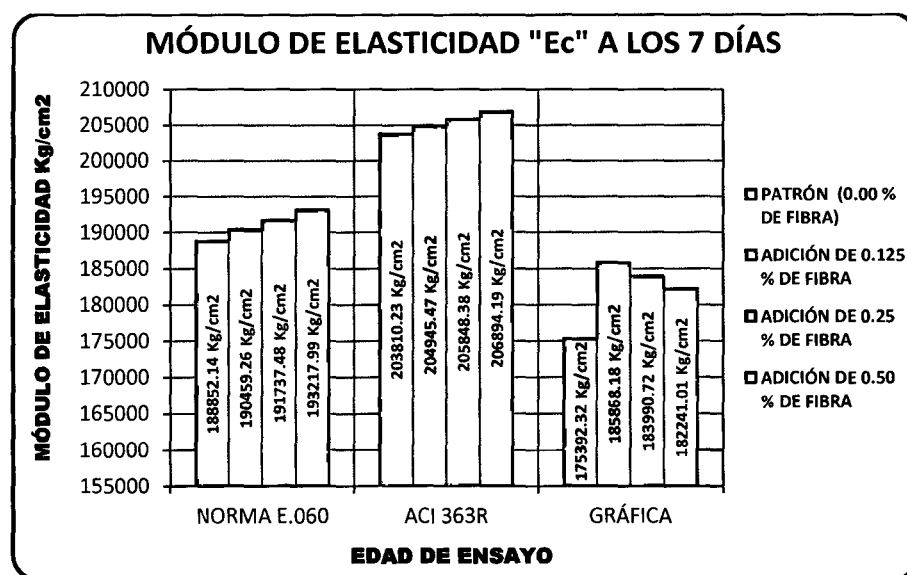


Gráfico N° 19: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de fibra de vidrio según Norma E.060, ACI 363R y Gráfica a los 07 días de ensayo.

En el **Gráfico N° 19** se muestran los módulos de elasticidad a los 07 días de ensayo, se observa que según Norma E.060 se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 188852.14 Kg/cm² y 193217.99 Kg/cm², con una variación con respecto a los módulos obtenidos con las Gráficas esfuerzo vs deformación de 7.67%, 2.47%, 4.21%, 6.02% para una adición de 0%, 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra respectivamente. Para el ACI se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 203810.23 Kg/cm² y 206894.19 Kg/cm², con una variación con respecto a los módulos obtenidos con las Gráficas esfuerzo vs deformación de 16.20%, 10.26%, 11.88%, 13.53% para una adición de 0%, 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra respectivamente. Los módulos de elasticidad obtenidos de las Gráficas esfuerzo vs deformación están comprendido entre 175392.32 Kg/cm² y 185868.18 Kg/cm².



Gráfico N° 20: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de fibra de vidrio según Norma E.060, ACI 363R y Gráfica a los 14 días de ensayo.

En el **Gráfico N° 20** se muestran los módulos de elasticidad a los 14 días de ensayo, se observa que según Norma E.060 se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 212878.27 Kg/cm² y 217947.56 Kg/cm², con una variación con respecto a los módulos obtenidos con las Gráficas esfuerzo vs deformación de 6.83%, 8.47%, 8.95%, 7.70% para una adición de 0%, 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio respectivamente. Para el ACI se tiene un módulo de

elasticidad comprendido entre 220781.88 Kg/cm² y 224362.74 Kg/cm², con una variación con respecto a los módulos obtenidos con las Gráficas esfuerzo vs deformación de 10.79%, 12.28%, 12.37%, 10.87% para una adición de 0%, 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio respectivamente. Los módulos de elasticidad obtenidos de las Gráficas esfuerzo vs deformación están comprendido entre 197429.50 Kg/cm² y 202365.59 Kg/cm².

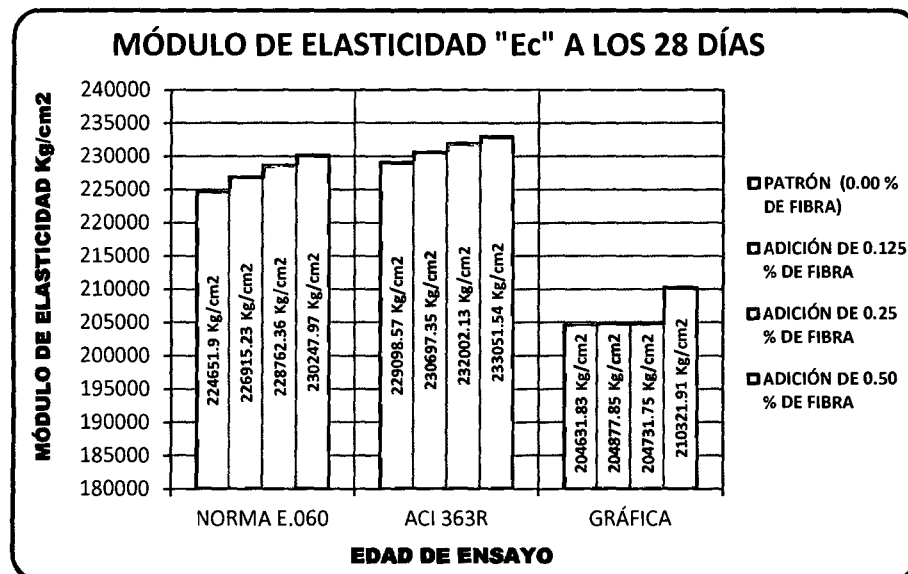


Gráfico N° 21: Módulos de Elasticidad de las diferentes adiciones de fibra de vidrio según Norma E.060, ACI 363R y Gráfica a los 28 días de ensayo.

En el Gráfico N° 21 se muestran los módulos de elasticidad a los 28 días de ensayo, se observa que según Norma E.060 se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 224651.19 Kg/cm² y 230247.97 Kg/cm², con una variación con respecto a los módulos obtenidos con las Gráficas esfuerzo vs deformación de 9.78%, 10.76%, 11.74%, 9.47% para una adición de 0%, 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio respectivamente. Para el ACI se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 229098.57 Kg/cm² y 233051.54 Kg/cm², con una variación con respecto a los módulos obtenidos con las Gráficas esfuerzo vs deformación de 11.96%, 12.60%, 13.32%, 10.81% para una adición de 0%, 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio respectivamente. Los módulos de elasticidad obtenidos de las Gráficas esfuerzo vs deformación están comprendido entre 204631.83 Kg/cm² y 210321.91 Kg/cm².

Tabla N° 20: Variación porcentual de los Módulos de Elasticidad de los diferentes porcentajes de fibra a los 28 días con respecto al Patrón.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	MÓDULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)			VARIACIÓN DEL "Ec" RESPECTO AL PATRÓN (%)		
	NORMA E.060	ACI 363R	GRÁFICA	NORMA E060	ACI 363R	GRÁFICA
PATRÓN	224651.90	229098.57	204631.83	-----	-----	-----
0.125 % DE FIBRA	226915.23	230697.35	204877.85	1.01 %	0.70 %	0.12 %
0.25 % DE FIBRA	228762.36	232002.13	204731.75	1.83 %	1.27 %	0.05 %
0.50 % DE FIBRA	230247.97	233051.54	210321.91	2.49 %	1.73 %	2.78 %

El Gráfico N° 22 muestra la variación porcentual por efecto de la fibra adicionada de los módulos de elasticidad a los 28 días de ensayo, en este se observa que según la Norma E.060 se tiene una variación de 1.01%, 1.83% y 2.49%, para una adición de 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio respectivamente, con una tendencia leve a aumentar cuando la adición de fibra es más alta. Para el ACI se tiene una variación de 0.70%, 1.27% y 1.73%, para una adición de 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio respectivamente, con una tendencia a aumentar levemente cuando la adición de fibra es más alta. Las variación de los módulos de elasticidad obtenidas por las gráficas Esfuerzo vs Deformación son 0.12%, 0.05% y 2.78%, para una adición de 0.125%, 0.25% y 0.5% respectivamente, al igual que para los casos anteriores el aumento es directamente proporcional a la adición de fibra en el concreto.

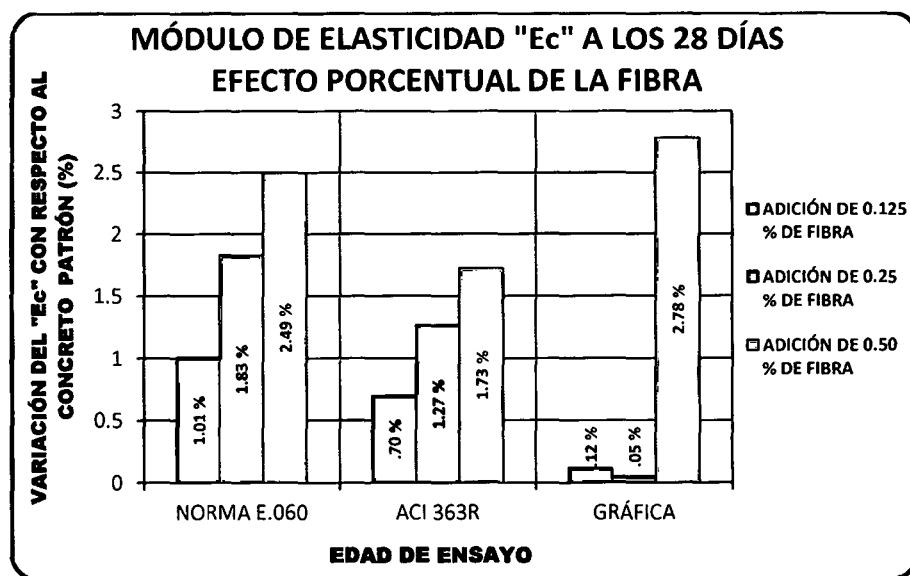


Gráfico N° 22: Variación porcentual del Módulo de Elasticidad por influencia de la fibra agregada respecto al concreto patrón a los 28 días.

4.8. ANÁLISIS DE LA FISURA DEL ESPECÍMEN.

4.8.1. FISURACIÓN DEL ESPECÍMEN ENSAYADOS A TRACCIÓN INDIRECTA.

Se determinó el ancho y longitud transversal de la fisuración de los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta, con el objetivo de tener una idea del comportamiento del concreto reforzado con fibra. Como se sabe, al adicionar fibra de vidrio al concreto, que es un material frágil, intentamos convertirlo en un material más dúctil y actuar sobre la fisuración de la matriz, de forma que mediante su acción de "cosido" entre las fisuras, se reduzca el ancho de las mismas. En la **Foto N° 22 del ANEXO XIII** se puede observar cómo actúan las fibras en la rotura de una probeta con y sin refuerzo de fibra de vidrio mediante su acción de cosido.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 21**, y su representación se aprecia en los **Gráfico N° 23 y Gráfico N° 24**.

Tabla N° 21: Anchos y longitud transversal de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO			VARIACIÓN DE LA FISURA RESPECTO AL PATRÓN A LOS 28 DIAS
	07 días	14 días	28 días	
ANCHO DE LA FISURA EN "mm"				
PATRÓN	2.65	2.79	2.04	—
0.125 % DE FIBRA	2.68	2.75	1.78	-12.51 %
0.25 % DE FIBRA	1.02	1.83	1.01	-50.70 %
0.50 % DE FIBRA	1.64	0.90	0.81	-60.18 %
LONGITUD TRANSV. DE LA FISURA EN "mm"				
PATRÓN	148.60	146.56	147.83	—
0.125 % DE FIBRA	135.10	132.97	133.72	-9.55 %
0.25 % DE FIBRA	136.98	127.03	121.77	-17.63 %
0.50 % DE FIBRA	123.12	120.38	108.90	-26.33 %

La **Tabla N° 21** muestran la variación de los anchos y longitud transversal de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta de las diferentes adiciones de fibra de vidrio a las tres edades de ensayo. Así mismo se aprecia la variación porcentual del ancho y longitud transversal de la fisura con respecto al concreto patrón a los 28 días.

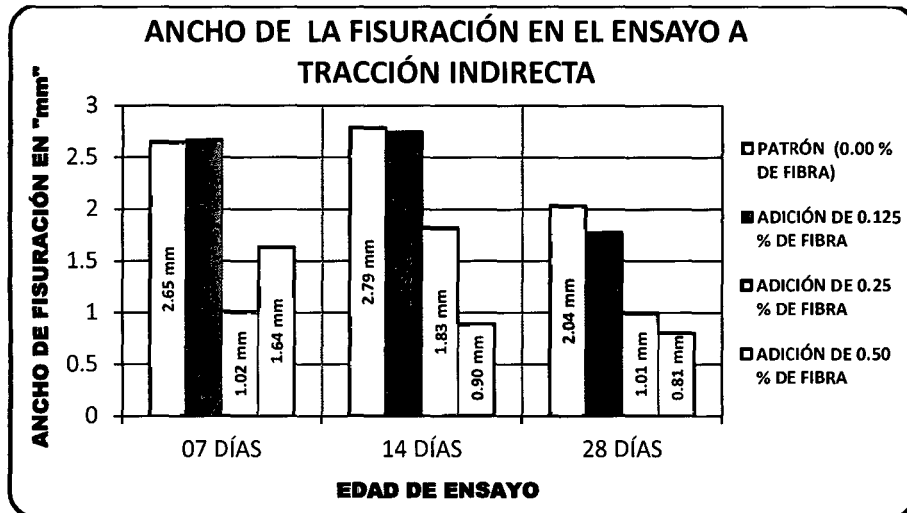


Gráfico N° 23: Promedio de los anchos de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta.

En el Gráfico N° 23 se observa que el ancho de fisura a los 07 días son muy variables y no tiene un orden establecido, es decir, para una adición de 0.50% es 1.64 mm, mayor a la adición de 0.25 % de 1.02 mm cuando debería ser al contrario. Esto no ocurre a los 14 días ya que se observa que tienen un orden lógico, al igual que a los 28 días, según el gráfico, se observa que en relación al concreto patrón el ancho de fisura disminuye significativamente con respecto a la adición de fibra más alta, el ancho de fisura disminuye con respecto al concreto patrón en un 12.51%, 50.70% y en un 60.18% para los concretos con 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra de vidrio respectivamente.

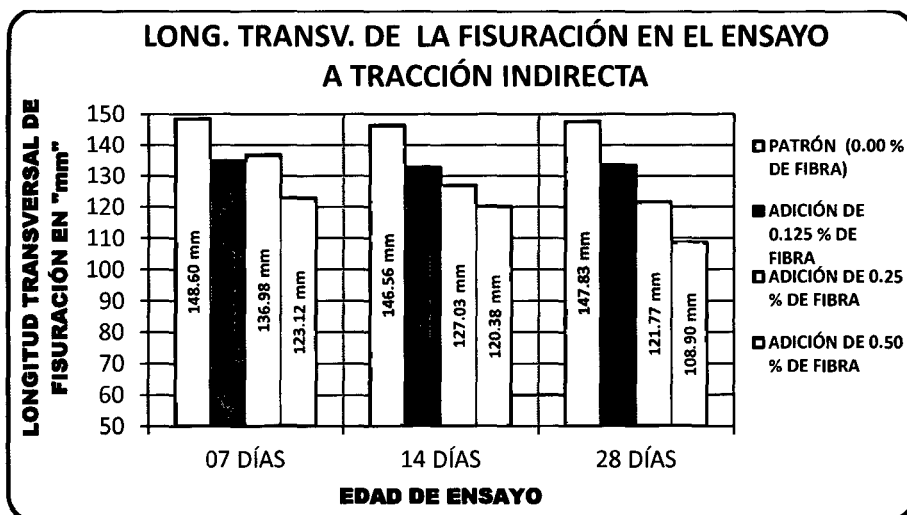


Gráfico N° 24: Promedio de la longitud transversal de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta.

Se observa en el **Gráfico N° 24**, que la fisuración para los 07 días son variables y tienen un orden poco establecido, es decir, el ancho de fisura no decrece en todos los casos según mas alto es el porcentaje de fibra adicionada, sino por el contrario. Esto no ocurre con los ensayos a los 14 días en donde se observa que el largo de fisuras son de 146.56, 132.97, 127.03 y 120.38 milímetros para el concreto patrón, adición de 0.125%, 0.25% y 0.50% de fibra, respectivamente. Al igual que a los 28 días, según el grafico, se ve que en relación al concreto patrón el ancho de fisura disminuye significativamente con respecto a la adición de fibra más alto, el ancho de fisura disminuye en un 9.55% para el concreto con 0.125% de adición de fibra, en 17.63% para el concreto con 0.25% de adición de fibra y en un 26.33% para el concreto con 0.50% de adición de fibra.

4.8.2. FISURACIÓN DEL ESPECÍMEN ENSAYADOS A FLEXIÓN.

Se determinó el ancho y longitud de la fisura de los especímenes de concreto ensayados a flexión, con el objetivo de determinar la influencia de los porcentajes de fibra adicionada a la fisuración del concreto. En la **Foto N° 23** del **ANEXO XIII** se puede observar cómo actúan las fibras en la rotura de una probeta con y sin refuerzo de fibra de vidrio mediante su acción de cosido durante el ensayo a flexión.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 22**, y su representación se aprecia en los **Gráfico N° 25** y **Gráfico N° 26**.

Tabla N° 22: Promedio y variación porcentual de anchos y longitud de la fisura de los especímenes ensayados a flexión de las diferentes adiciones de fibra a 07, 14 y 28 días.

% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO	EDAD DE ENSAYO			VARIACIÓN DE LA FISURA RESPECTO AL PATRÓN A LOS 28 DÍAS
	07 días	14 días	28 días	
ANCHO DE LA FISURA EN "mm"				
PATRÓN	10.05	5.19	2.44	—
0.125 % DE FIBRA	2.81	2.21	1.49	-38.88 %
0.25 % DE FIBRA	2.78	1.16	0.97	-60.16 %
0.50 % DE FIBRA	1.02	0.73	0.77	-68.62 %
LARGO DE LA FISURA EN "mm"				
PATRÓN	149.85	147.64	147.98	—
0.125 % DE FIBRA	141.57	132.70	134.31	-9.23 %
0.25 % DE FIBRA	129.75	125.30	119.39	-19.32 %
0.50 % DE FIBRA	126.65	125.25	103.19	-30.26 %

Se observa en la **Tabla N° 22** la variación de los anchos y longitud de la fisura de los especímenes ensayados a flexión de las diferentes adiciones de fibra de vidrio a las tres edades de ensayo. Así mismo se aprecia la variación porcentual del ancho y largo de la fisura con respecto al concreto patrón a los 28 días.

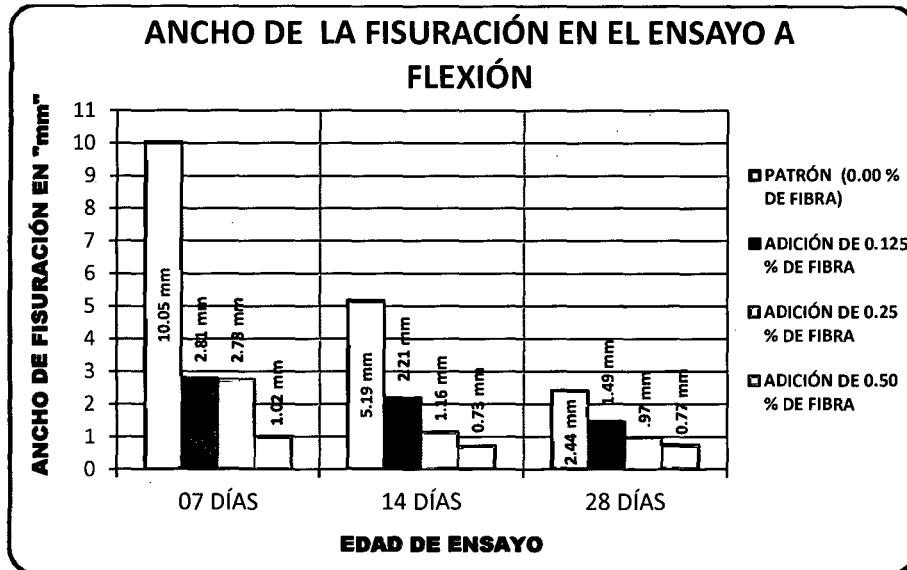


Gráfico N° 25: Promedio de los anchos de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a flexión a diferentes edades y adiciones de fibra.

En el **Gráfico N° 25** se observa el ancho de fisura es 10.05, 2.81, 2.78 y 1.02 milímetros para el concreto patrón, 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra de vidrio respectivamente, observando un aumento significativo de la fisura del concreto patrón con respecto al concreto con adición de fibra más alta. Para los 14 días se observa que el ancho de fisura del concreto patrón con respecto al concreto con 0.50% de adición de fibra es menor que para los 07 días. En el ensayo a los 28 días se tiene que la fisura es de 2.44, 1.49, 0.97 y 0.77 milímetros para el concreto patrón, 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra de vidrio respectivamente, teniendo una variación porcentual de 38.88 % para el concreto con 0.125% de adición de fibra, 60.16 % para el concreto con 0.25% de adición de fibra, 68.62% para el concreto con 0.50 % de adición de fibra, con respecto al concreto patrón. De todos los casos se observa que conforme se aumente la cantidad de adición de fibra de vidrio al concreto los anchos de las fisuras disminuyen.

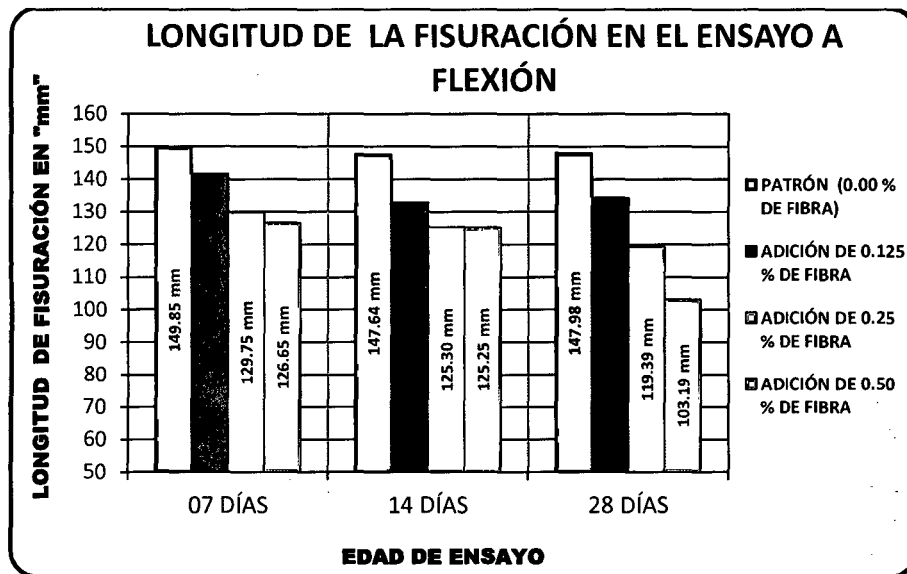


Gráfico N° 26: Promedio de la longitud de las fisuras en los especímenes de concreto ensayados a flexión a diferentes edades y adiciones de fibra.

Se observa en el **Gráfico N° 26**, la longitud de fisura de los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta a los 07, 14 y 28 días de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionado, observando que para los 07 días se tiene una longitud promedio de 149.85, 141.57, 129.75 y 126.65 milímetros para los concretos con 0% (concreto patrón), 0.125%, 0.25% y 0.50% de adición de fibra, observando un decremento en el largo de la fisura conforme más alta sea la adición de fibra. Para los 14 días se observa que la fisura del concreto con 0.25% y 0.50% de fibra son muy parecidas. En el ensayo a los 28 días, según el grafico, se ve que en relación al concreto patrón la longitud de fisura disminuye significativamente con respecto a la adición de fibra más alta, de 147.98 a 103.19 mm significando una variación porcentual con respecto al concreto patrón de 30.26 %, para el concreto con 0.25% de adición de fibra se tiene una fisura de 119.39 mm significando el 19.32 % de variación porcentual con respecto al concreto patrón, para el concreto con 0.125 % de adición de fibra 134.31 mm significando el 9.23 % de variación porcentual con respecto al concreto patrón. De todos los casos se observa que conforme se aumente la cantidad de adición de fibra de vidrio al concreto las longitudes de las fisuras disminuyen de manera significativa.

4.9. ANÁLISIS DEL TIPO DE FALLA DEL ESPECÍMEN.

En el ensayo a la compresión se observaron y registraron diferentes tipos de fallas típicas definidas en la NTP 339.034 (Ver Figura N° 13).

El análisis se ha realizado para todos los porcentajes de adición de fibra de vidrio (Patrón, 0.125%, 0.25%, 0.50%) a las tres edades de ensayo (07,14 y 28 días) para los 72 especímenes ensayados a compresión, los resultados son los mostrados en la Tabla N° 23.

Tabla N° 23: Tipos y porcentaje de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.

TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
tipo 1	----	----
tipo 2	----	----
tipo 3	9	12.50 %
tipo 4	8	11.11 %
tipo 5	31	43.06 %
tipo 6	24	33.33 %
TOTAL	72	100 %

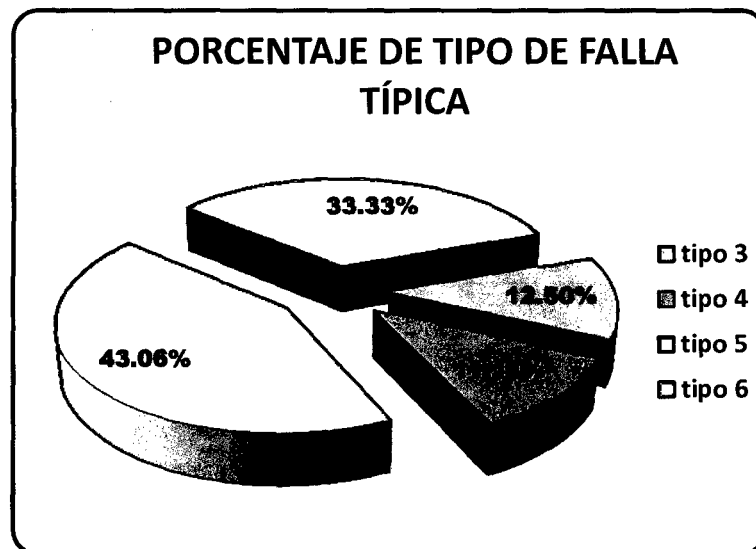


Gráfico N° 27: Representación de los tipos de fallas típicas registradas en el ensayo a compresión.

El tipo de falla más común registrado, fue el tipo 5 con un porcentaje del 43.06%, en el cuál la fractura se da en la parte superior o inferior solamente en una esquina de la probeta. Los tipos de falla 6 y 3 resultaron porcentajes de 33.33% y 12.50% respectivamente. Para el tipo de falla 4 se obtuvo un 11.11%.

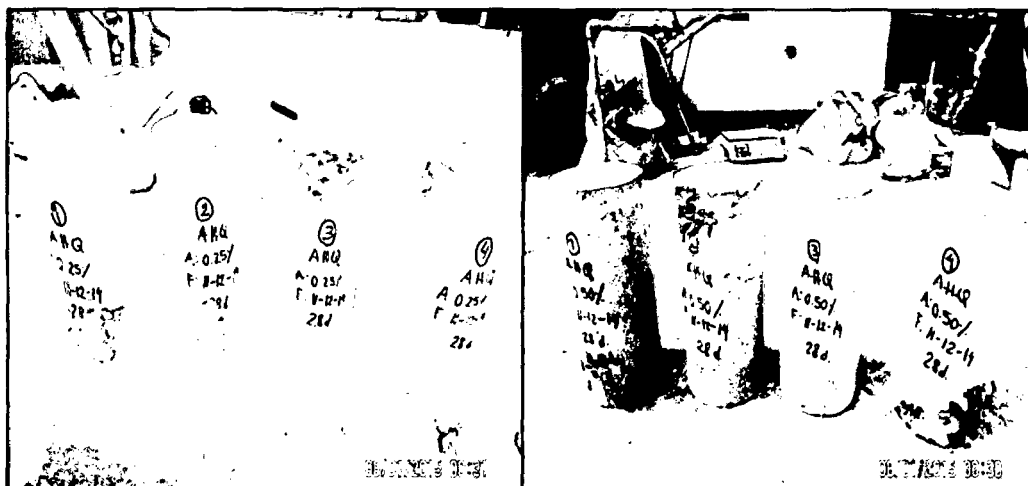


Figura N° 20: Tipos de fallas típicas en los especímenes de concretos ensayados a compresión.

En un ensayo a la compresión se espera que la carga sea distribuida uniformemente sobre las caras de apoyo, y de esta manera hacer que todo el espécimen trabaje para resistir la carga. Para esta investigación el tipo de falla indica que la carga no se distribuía de manera uniformemente sobre las bases de apoyo de neopreno.

4.10. ANÁLISIS DE COSTOS.

El análisis de los costos de la mezcla, se realizó para 1 m³ de concreto, teniendo en cuenta el costo de materiales con IGV, para: Cemento Pacasmayo Tipo I, agua del campus Universitario, agregado fino y Grueso de la zona, fibra de vidrio Tipo E - MAT450. Siendo los costos de los materiales los obtenidos por el tesista para la fabricación de los especímenes de concreto.

Tabla N° 24: Costo vs Esfuerzo a compresión ensayado a 28 días.

MEZCLA	COSTO (S/.)	ESF. COMPRESIÓN (28) Kg/cm ²	Costo/Esf.	VARIACIÓN
PATRÓN	268.25	223.90	1.20	-----
0.125 % DE FIBRA	283.36	228.44	1.24	3.53 %
0.25 % DE FIBRA	298.25	232.17	1.28	7.22 %
0.50 % DE FIBRA	327.48	235.20	1.39	16.21 %

Tabla N° 25: Costo vs Esfuerzo a Tracción Indirecta ensayado a 28 días.

MEZCLA	COSTO (S/.)	ESF. TRACCIÓN (28) Kg/cm ²	Costo/Esf.	VARIACIÓN
PATRÓN	268.25	21.34	12.57	-----
0.125 % DE FIBRA	283.36	23.59	12.01	-4.44 %
0.25 % DE FIBRA	298.25	25.18	11.84	-5.77 %
0.50 % DE FIBRA	327.48	27.90	11.74	-6.62 %

Tabla N° 26: Costo vs Esfuerzo a Flexión ensayado a los 28 días.

MEZCLA	COSTO (S/.)	ESF. FLEXIÓN (28) Kg/cm ²	Costo/Esf.	VARIACIÓN
PATRÓN	268.25	33.12	8.10	-----
0.125 % DE FIBRA	283.36	37.40	7.58	-6.46 %
0.25 % DE FIBRA	298.25	39.01	7.65	-5.60 %
0.50 % DE FIBRA	327.48	45.11	7.26	-10.37 %

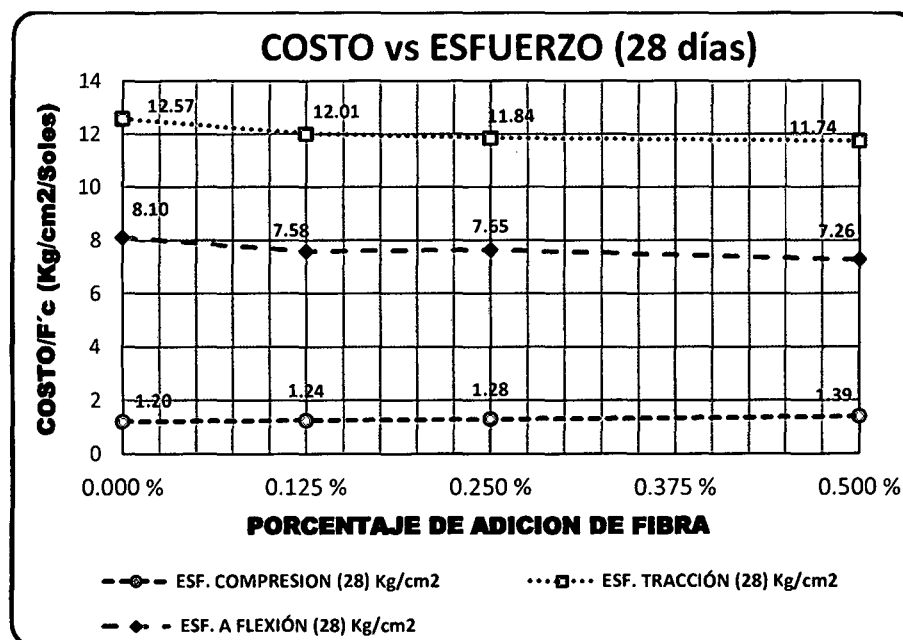


Gráfico N° 28: Costo vs Esfuerzo a la Compresión, Tracción y Flexión de los diferentes porcentajes de fibra ensayadas a los 28 días.

Como se observa en Gráfico N° 28, el costo/esfuerzo a compresión tiene una variación con el patrón de 16.21%, para el mayor porcentaje de fibra, esto quiere decir que para la compresión no es tan beneficiosos el adicionar fibra de vidrio al concreto pues obtenemos concretos adicionados con un leve aumento de la resistencia con costos relativamente más elevados, pero no es del todo malo puesto que se nota que la gráfica tiene una pendiente muy suave, por lo que se puede aceptar mayores porcentajes de fibra de vidrio sin comprometer mucho la economía, siendo aceptable según el trabajo que se quiera realizar. Tanto para el Costo/Esfuerzo a tracción como Costo/Esfuerzo a Flexión se observa que la adición de fibra de vidrio es eficiente económicamente ya que obtenemos valores C/B menores a los del concreto patrón, esto indica que logramos obtener concretos con mayor resistencia a tracción y flexión con menos costo, siendo según al grafica la adición de 0.50% de fibra de vidrio la más beneficiosa para ambos casos, pues nos arroja valores de C/B menores.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

1) Agregados.

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados indican que estos pueden ser usados en elaboración de un concreto con adición de fibra de vidrio.

2) Trabajabilidad.

Se observó que la trabajabilidad disminuye de 9.35 cm a 7.82 cm para las adiciones de fibra mínimas y máximas respectivamente, representando una disminución porcentual con respecto al concreto patrón de 6.19% y 21.57%, deduciéndose entonces que a mayores porcentajes de adición de fibra que las usadas en esta investigación, la reducción de trabajabilidad será aún mayor, lo cual incide directamente en el costo del concreto, puesto que se hace necesario el uso adicional de aditivos plastificantes o bien aumentar el agua de amasado en conjunto con la dosis de cemento (para mantener constante la relación agua/cemento), a la vez que se obliga un mayor control en el proceso de producción de concreto.

La pérdida de trabajabilidad en el concreto con fibras está acompañada de un efecto que puede ser beneficioso, ya que se aumenta la cohesión del concreto. Lo anterior ofrece algunas ventajas constructivas en algunas obras particulares, tales como hormigonado de taludes, vaciado del concreto desde cierta altura y concreto proyectado.

3) Peso Unitario del Concreto Fresco.

Se pudo observar que el peso unitario del concreto fresco tiene una disminución porcentual con respecto al concreto patrón de 3.95% para la adición más alta de fibra (0.50% de fibra), concluyendo de esta manera en que la incorporación de fibras de vidrio en la mezcla no tiene efecto importante en el peso unitario del concreto en estado fresco, lo cual indica que el rendimiento de la mezcla de concreto no sufrirá variaciones considerables con la adición de fibra de vidrio.

4) Peso Unitario del Concreto Endurecido.

La fibra de vidrio produce una leve disminución del peso unitario del concreto en estado endurecido, que va disminuyendo a medida que se acrecienta la cantidad de fibra de vidrio. Pese a que las densidades determinadas están dentro del rango que se recomienda para un concreto normal (2200 – 2400 kg/cm³), la disminución experimentada fue muy pequeña, el porcentaje de variación del peso unitario va desde 1.16% para la dosis mínima hasta un 3.26% para la dosis máxima. Se puede concluir, que la adición de fibra de vidrio no tiene una influencia relevante en la disminución del peso unitario del concreto en estado endurecido.

5) Resistencia a la Compresión.

Se observa que la resistencia a la compresión si bien aumenta a medida que la mezcla de concreto contiene mayor porcentaje de fibra de vidrio (0.50% de fibra); este aumento es muy pequeño, el porcentaje de variación de la resistencia va desde 2.03% para la dosis mínima hasta un 5.05% para la dosis máxima, siendo estos valores de los ensayos a los 28 días. Se puede decir, que la adición de fibra de vidrio no tiene mayor influencia en el aumento de la resistencia a la compresión del concreto.

6) Resistencia a la Tracción Indirecta.

En cuanto a la resistencia a la Tracción Indirecta, se aprecia claramente el aumento de este valor a medida que se aumenta el porcentaje de fibra de vidrio presente en la mezcla de concreto. Es así como se alcanza un máximo de 24.19% de aumento de la resistencia de la tracción respecto del concreto patrón a los 07 días y un 30.74% de aumento a los 28 días. Como ya se ha señalado estos valores correspondieron al concreto con mayor cantidad de fibra de vidrio (0.50% de fibra). Se concluye entonces que la adición de fibra de vidrio es un factor relevante en el aumento de la resistencia a la tracción indirecta del concreto.

7) Resistencia a la Flexión.

En la Resistencia a Flexión se observa que hay un aumento considerable de este valor a medida que se aumenta el porcentaje de fibra de vidrio presente en la mezcla de concreto. Es así como se alcanza un máximo de

25.52% de aumento de la resistencia a la flexión respecto del concreto patrón a los 07 días y un 36.20% de aumento a los 28 días. Como ya se ha señalado estos valores correspondieron al concreto con mayor cantidad de fibra de vidrio (0.50% de fibra). Se puede decir, que la adición de fibras de vidrio es un factor relevante en el aumento de la resistencia a la flexión del concreto.

8) Módulo de Elasticidad.

El módulo de elasticidad del concreto calculado mediante el método descrito en la Norma E.060 se incrementa en un 2.49% con la adición de 0.50% de fibra a los 28 días con respecto al concreto patrón, mientras que el módulo de elasticidad del concreto calculado mediante el método descrito en el reglamento ACI 363R aumenta en un 1.73% con la adición de 0.50% de fibra, el módulo de elasticidad del concreto calculado mediante la Gráfica Esfuerzo vs Deformación se incrementa en un 2.78% con la adición de 0.50% de fibra a los 28 días con respecto al concreto patrón.

Según estos tres métodos se puede concluir que la adición de fibra de vidrio en el concreto no influye de una manera considerable en el aumento o disminución del módulo de elasticidad del concreto.

9) Control de la Fisuración.

El ancho de fisuración de los especímenes ensayados a tracción y flexión disminuyeron en un 60.18% y 68.62% respectivamente, mientras que longitudes de fisuras disminuyeron en un 26.33% y 30.26% para los ensayos a tracción y flexión respectivamente, con lo que se puede concluir que la adición de fibra de vidrio en el concreto favorece a la disminución de las fisuras originadas en el concreto.

10) Tipo de Fallas típicas.

En el ensayo de resistencia a la compresión bajo la Norma NTP 339.034, el tipo de falla más común observado fue el tipo 5 con un 43.06% (debido al acabado superficial de los cilindros y el estado de los cabezales de neopreno), seguido del tipo 6 con un 33.33%, tipo 3 con 12.5%, tipo 4 con un 11.11%.

11) Costos.

En cuanto al costo - resistencia a la tracción y flexión, la adición de 0.50% de fibra de vidrio en el concreto es más beneficioso, pues obtenemos una variación de -6.62% y -10.37 respectivamente con respecto al concreto patrón, obteniendo mezclas más rentables, pues se obtiene un concreto con resistencia mayor a un costo menor.

En cuanto al costo – resistencia a compresión se concluye que el utilizar adiciones de fibra de vidrio es aceptable según las condiciones de trabajo que se debe realizar, pues obtenemos concretos adicionados con un leve aumento de la resistencia con costos relativamente más elevados a los concretos normales. Por este motivo se debe decir que se puede aceptar mayores porcentajes de fibra de vidrio sin comprometer mucho la economía, siendo analizable y aceptable según el trabajo que se quiera realizar. El valor según el C/B más eficiente es la adición de 0.125 % de fibra de vidrio.

5.2. RECOMENDACIONES.

Luego de realizar la presente investigación, surgen varias ideas acerca de otros aspectos relativos al concreto reforzado con fibra de vidrio, que podrían ser tratados en investigaciones futuras, entre ellos:

- Óptima relación entre el tamaño máximo del agregado y el largo de la fibra, para una mejor trabajabilidad del concreto.
- Adiciones de fibra más altas utilizando aditivos para mejorar la trabajabilidad de la mezcla de concreto y su influencia de estas en la fibra.
- Comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto con adición de fibra de vidrio a través del tiempo, con ensayos al mes, tres meses y seis meses.
- Efecto de la fibra en la confección de elementos prefabricados.

Es de esperar que esta investigación, que acá concluye, sea una de las muchas que se hagan respecto a este tema.

6. REFERENCIAS

6.1. LIBROS.

- ABANTO CASTILLO, FLAVIO. 2009. Tecnología del concreto (Teoría y problemas). (2^{da} edición) Lima - Perú.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. 2014. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 363R-92).
- CAPECO. 2003. Costos y presupuestos de edificaciones. (1^{era} edición). Lima – Perú.
- GONZÁLES CUEVAS, OSCAR y ROBLES, FRANCISCO. 2005. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. (4^{ta} edición). México.
- LEZAMA LEIVA, JOSE. 2013. Tecnología del concreto. Cajamarca – Perú.
- PASQUEL CARVAJAL, ENRIQUE. 2000. Control de Calidad del Concreto. Capítulo Peruano ACI. Lima - Perú.
- NEVILLE, A.M. y BROOKS, J.J. 1998. Tecnología del Concreto. Editorial Trillas. México D.F.
- RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. 2007. Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas. Lima - Perú.
- RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. 2000. La Naturaleza del Concreto y Materiales. Capítulo Peruano ACI. Lima - Perú.

6.2. TESIS.

- DIANA ROXANNA TUFINO. 2009. Variación de resistencias vs edades y relación A/C con cemento Pórtland tipo I (sol). Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú. 161 pág.
- JOSÉ PATRICIO BRAVO CELIS. 2003. Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio: influencia del porcentaje de fibra adicionado. Universidad De Chile. 190 pág.
- JUAN LUIS IRVING VALLADARES. 2010. Evaluación composite de cemento – fibra de vidrio. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala - Guatemala. 180 pág.

- LUIS M. BAUSAURI PONCE. 2010. Diseño para obtener concreto de 210 Kg/cm² con la incorporación de aditivo supe plastificante (Rheobuld 1000) empleando agregados de la cantera Rodolfito (Carretera Cajamarca – Ciudad de Dios Km. 5.00). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca - Perú. 176 pág.
- MARÍA PAULA DÁVILA MERCADO. 2007 .Efecto de la adición de fibra sintética sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto. Universidad Nacional Autónoma de México. México – D.F. 150 pág.
- URIEL ISAAC, REYES BAÑUELOS. 2008. Concreto reforzado con fibra de bagazo de caña. Universidad Veracruzana. México. 131 Pág.

6.3. NORMAS Y REGLAMENTO.

- NORMA ACI 116. 1990. Terminología para Cemento y Concreto.
- NORMA ACI 544.2R. 1989. Informe Sobre La Medición De Las Propiedades De La Fibra De Hormigón Armado.
- NORMA ACI. 211.1. 1990. Proporcionamiento de mezclas.
- NTP 334.009 - 2013. CEMENTOS. Cementos Portland. 5^{ta}. Ed. 2013.
- NTP 339.034 - 2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3^{ra}. Ed. 2013.
- NTP 339.046 – 2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). 2^{da}. Ed. 2013.
- NTP 339.047 - 2006. HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2^{da}. Ed. 2006.
- NTP 339.079 – 2012. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3^{ra}. Ed. 2012.
- NTP 339.084 – 2012. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 3^{ra}. Ed. 2012.

- NTP 339.088 – 2006. HORMIGÓN. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. 2^{da}. Ed. 2006.
- NTP 339.183 - 2013. HORMIGÓN. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2^{da}. Ed. 2013.
- NTP 339.185 - 2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2^{da}. Ed. 2013.
- NTP 400.010 – 2011. AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3^{ra}. Ed. 2011.
- NTP 400.011 – 2008 (revisada el 2013). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2^{da}. Ed. 2013.
- NTP 400.012 – 2013. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3^{ra}. Ed. 2013.
- NTP 400.017 – 2011. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados. 3^{ra}. Ed. 2011.
- NTP 400.018 - 2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µmm (N° 200). 3^{ra}. Ed. 2013.
- NTP 400.019 – 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. 2^{da}. Ed. 2002.
- NTP 400.021 – 2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3^{ra}. Ed. 2013.
- NTP 400.022 – 2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3^{ra}. Ed. 2013.
- NTP 400.037 - 2002. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 2^{da}. Ed. 2002.

7. ANEXO

7.1. ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO PORTLAND.

Tabla N° 27: Principales componentes del cemento Portland.

CEMENTO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₃ AF	CaSO ₄	CaO libre	MgO
TIPO I	59	15	12	8	2.9	0.8	2.4
TIPO II	46	29	6 – 8*	12	2.8	0.6	3.0
TIPO III	60	12	12 – 15*	8	3.9	1.3	2.6
TIPO IV	30 - 35*	40** - 46	5 – 7*	13	2.9	0.3	2.7
TIPO V	43	36	4 – 5*	12	2.7	0.4	1.6
(*) Como máximo							
(*) Como mínimo							

Fuente: Tecnología del concreto, A. M. Neville y J. J. Brooks.

Tabla N° 28: Fuentes de materias primas usadas en la fabricación de cemento Portland.

Hierro Fe ₂ O ₃	Yeso CaSO ₄ .2H ₂ O	Magnesio MgO
Arcilla Ceniza de altos hornos Escoria de pirita Laminaciones de hierro Mineral de hierro Pizarras Residuos de lavado de mineral de hierro	Anhidrita Sulfato de calcio Yeso natural	Escorias Piedra caliza Roca calcárea

Fuente: Tecnología del concreto, A. M. Neville y J. J. Brooks.

Tabla N° 29: Componentes químicos del cemento Portland.

COMPONENTE QUÍMICO		PROCEDENCIA USUAL
95%	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Óxido de Aluminio	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeseo	Minerales Varios

Fuente: Tecnología del concreto, A. M. Neville y J. J. Brooks.

7.2. ANEXO II: NORMA NTE E.060.

7.2.1. NORMA NTE E.060 (5.3.3.2) PARA EL NÚMERO DE ESPECÍMENES ENSAYADOS.

N.T.E. E.60 CONCRETO ARMADO

- 5.3.2.2** Cuando una instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos de resistencia en obra para el cálculo de S_s que se ajusten a los requisitos de 5.3.1.1 o de 5.3.1.2, f'_{cr} debe determinarse de la Tabla 5.3, y la documentación relativa a la resistencia promedio debe cumplir con los requisitos de 5.3.3.

TABLA 5.3
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,5$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,1 f'_c + 5,0$

5.3.3 Documentación de la resistencia promedio a la compresión

La documentación que justifique que la dosificación propuesta para el concreto producirá una resistencia promedio a la compresión igual o mayor que la resistencia promedio a la compresión requerida, f'_{cr} , (véase 5.3.2), debe consistir en un registro de ensayos de resistencia en obra, en varios registros de ensayos de resistencia o en mezclas de prueba.

- 5.3.3.1** Cuando se empleen registros de ensayos para demostrar que las dosificaciones propuestas para el concreto producirán la resistencia promedio requerida f'_{cr} (véase 5.3.2), dichos registros deben representar los materiales y condiciones similares a las esperadas. Los cambios en los materiales, condiciones y dosificaciones dentro de los registros de ensayos no deben ser más restrictivos que los de la obra propuesta. Con el propósito de documentar la resistencia promedio potencial, pueden aceptarse registros de ensayos que consistan en menos de 30, pero no menos de 10 ensayos consecutivos siempre que abarquen un período no menor de 45 días. La dosificación requerida para el concreto puede establecerse por interpolación entre las resistencias y las dosificaciones de dos o más registros de ensayo, siempre y cuando cumpla con los otros requisitos de esta Sección.

- 5.3.3.2** Cuando no se dispone de un registro aceptable de resultados de ensayos en obra, se permite que la dosificación del concreto se establezca con mezclas de prueba que cumplan con las siguientes restricciones:

- Los materiales deben ser los propuestos para la obra.
- Las mezclas de prueba cuyas dosificaciones y consistencias son las requeridas para la obra propuesta deben prepararse empleando al menos tres relaciones agua-material cementante o contenidos de cemento diferentes que produzcan un rango de resistencias que abarquen f'_{cr} .
- Las mezclas de prueba deben dosificarse para producir un asentamiento (*skump*) dentro de ± 20 mm del máximo permitido, y para concreto con aire incorporado, dentro de $\pm 0.5\%$ del máximo contenido de aire permitido.
- Para cada relación agua-material cementante o contenido de material cementante deben confeccionarse y curarse al menos tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory" (ASTM C 192M). Las probetas deben ensayarse a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar f'_c .
- A partir de los resultados de los ensayos de las probetas cilíndricas debe construirse una curva que muestre la correspondencia entre la relación agua-material cementante o el contenido de material cementante, y la resistencia a compresión a la edad de ensayo determinada.
- La máxima relación agua-material cementante o el mínimo contenido de material cementante para el concreto que vaya a emplearse en la obra propuesta debe ser el que indique la curva para producir el valor de f'_{cr} requerido por 5.3.2, a no ser que de acuerdo con el Capítulo 4 se indique una relación agua-material cementante menor o una resistencia mayor.

7.3. ANEXO III: TABLAS PARA ENSAYOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.

Tabla N° 30: Medida de las muestras de campo requeridas para los ensayos de laboratorio.

TAMAÑO DEL AGREGADO	MASA DE LA MUESTRA DE CAMPO, min Kg. (lbs)	MUESTRA DE CAMPO VOLUMEN, min L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm [N° 8]	10 [22]	8 [2]
4.75 mm [N° 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado Grueso		
09.5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12.5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19.0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25.0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37.5 mm [1 1/2 in.]	75 [165]	60 [15]
50.0 mm [2 in.]	110 [220]	80 [21]
63.0 mm [2 1/2 in.]	125 [275]	100 [26]
75.0 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90.0 mm [3 1/2 in.]	175 [385]	140 [37]

Fuente: Normas NTP 400.010 - 2011.

Tabla N° 31: Límites Granulométricos recomendados para Agregado Fino.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA (%) LÍMITES TOTALES
9.50 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 micrones (N° 30)	25 a 60
300 micrones (N° 50)	05 a 30
150 micrones (N° 100)	0 a 10

Fuente: Normas NTP 400.037 – 2002.

Tabla N° 32: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso.

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (¾ pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm. a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 mm. a 9.5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...
67	19.0 mm. a 4.75 mm (¾ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 mm. a 4.75 mm (½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 mm. a 2.36 mm (¾ pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 mm. a 1.18 mm (¾ pulg a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

Fuente: Norma NTP 400.037 – 2002.

Tabla N° 33: Cantidad Mínima de muestra para el ensayo.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	CANTIDAD MÍNIMA (gr.)
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5000

Fuente: Norma NTP 400.018 – 2013.

Tabla N° 34: Carga Abrasiva según gradación del agregado grueso.

GRADACIÓN	N° DE ESFERAS	PESO DE LA CARGA (gr.)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	08	3330 ± 20
D	06	2500 ± 15

Fuente: Norma NTP 400.019 – 2002.

Tabla N° 35: Gradaciones de muestras de ensayo.

TAMICES (Abertura Cuadradas)		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr.)			
PASA	RETENIDO EN	A	B	C	D
37.5 mm (1 ½")	25.4 mm (1")	1250 ± 25	---	---	---
25.4 mm (1")	19.0 mm (¾")	1250 ± 25	---	---	---
19.0 mm (¾")	12.7 mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
12.7 mm (½")	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (¼")	---	---	2500 ± 10	---
6.35 mm (¼")	4.76 mm (N° 4)	---	---	2500 ± 10	---
4.76 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	---	---	---	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: Norma NTP 400.019 – 2002.

Tabla N° 36: Número de capas requeridas por espécimen.

TIPO Y TAMAÑO DE ESPECÍMENES mm (pulg.)	MODO DE CONSOLIDACIÓN	N° DE CAPAS DE APROX. IGUAL PROFUNDIDAD
CILINDROS DIÁMETROS EN mm (pulg.)		
75 a 100 (3 a 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
PRISMAS Y CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTOS PLÁSTICOS Profundidad en mm (pulg.)		
Hasta 200 (8)	Varillado	2
Más de 200 (8)	Varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Fuente: Norma NTP 339.183 - 2013.

Tabla N° 37: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba.

CILINDRO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
ÁREA SUPERFICIAL SUPERIOR DEL ESPECÍMEN Cm ² (pulg. ² .)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg. ²) de Superficie.
320 (50) a más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg. ²) de Superficie.
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLÁSTICO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Fuente: Normas NTP 339.183 - 2013.

Tabla N° 38: Capacidad de los recipientes de medición.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDICIÓN	
Pulg.	mm.	Pie ³	L
1	25.0	0.2	6
1 1/2	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 1/2	112	2.5	70
6	150	3.5	100

Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar el concreto que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeños que los listados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal listado.

Fuente: Normas NTP 339.046 - 2013.

Tabla N° 39: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia.

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	± 0.5 h ó 2.1 %
03 días	± 2.0 h ó 2.8 %
07 días	± 6.0 h ó 3.6 %
28 días	± 20 h ó 3.0 %
90 días	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: Normas NTP 339.034 - 2013.

7.4. ANEXO IV: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

Tabla N° 40: Huso Granulométrico del Agregado Fino - Ensayo N° 01.

ENSAYO N° 01		Peso de la Muestra = 550 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	104.90	19.07	19.07	80.93
8	2.36	134.50	24.45	43.53	56.47
16	1.18	62.20	11.31	54.84	45.16
30	0.60	46.70	8.49	63.33	36.67
50	0.30	75.60	13.75	77.07	22.93
100	0.15	71.50	13.00	90.07	9.93
CAZOLETA		54.60	9.93	100.00	0.00
				M.f =	3.48

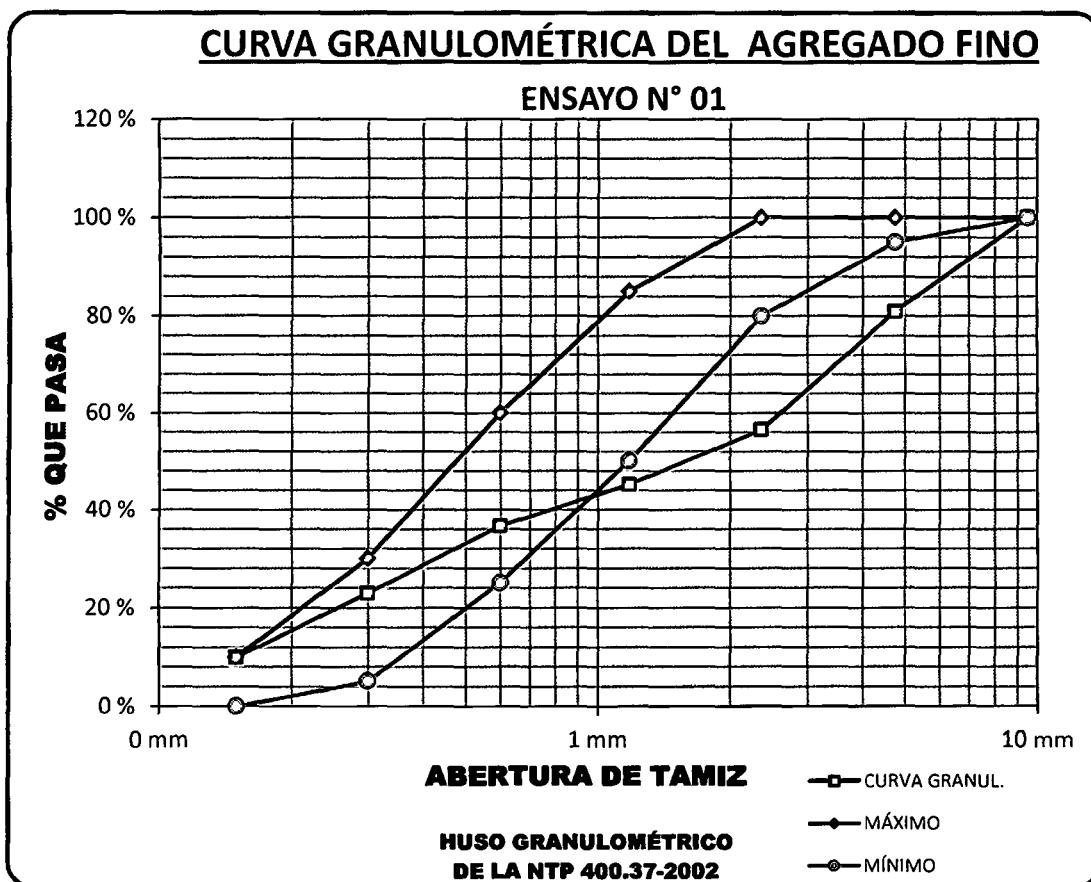


Gráfico N° 29: Huso Granulométrico del Agregado Fino – Ensayo N° 01.

Tabla N° 41: Huso Granulométrico del Agregado Fino - Ensayo N° 02.

ENSAYO N° 02		Peso de la Muestra = 550 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	105.80	19.24	19.24	80.76
8	2.36	126.60	23.02	42.25	57.75
16	1.18	64.90	11.80	54.05	45.95
30	0.60	46.70	8.49	62.55	37.45
50	0.30	69.10	12.56	75.11	24.89
100	0.15	74.10	13.47	88.58	11.42
CAZOLETA		62.80	11.42	100.00	0.00
				M.f =	3.42

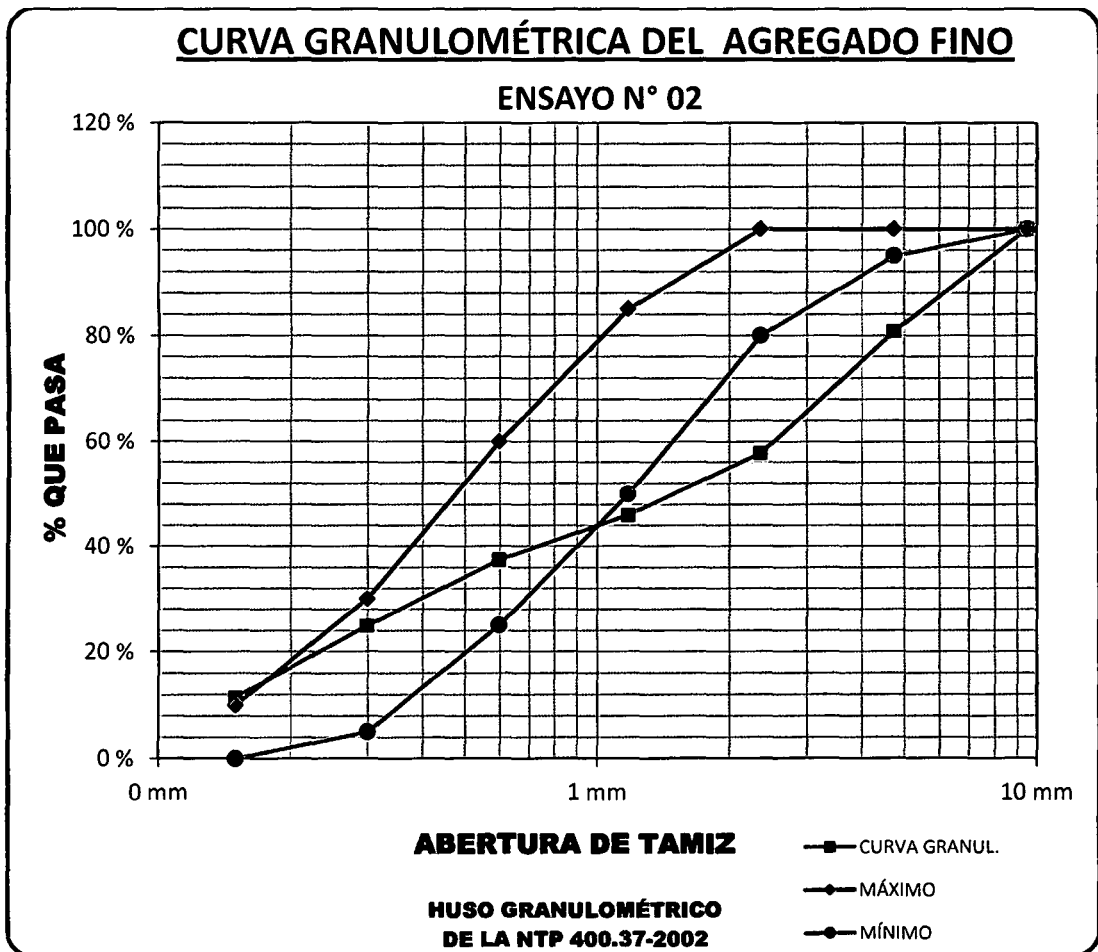


Gráfico N° 30: Huso Granulométrico del Agregado Fino - Ensayo N° 02.

Tabla N° 42: Huso Granulométrico del Agregado Fino – Ensayo N° 03.

ENSAYO N° 03		Peso de la Muestra = 550 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	114.10	20.75	20.75	79.25
8	2.36	123.20	22.40	43.15	56.85
16	1.18	61.20	11.13	54.27	45.73
30	0.60	45.60	8.29	62.56	37.44
50	0.30	71.80	13.05	75.62	24.38
100	0.15	77.10	14.02	89.64	10.36
CAZOLETA		57.00	10.36	100.00	0.00
				M.f =	3.46

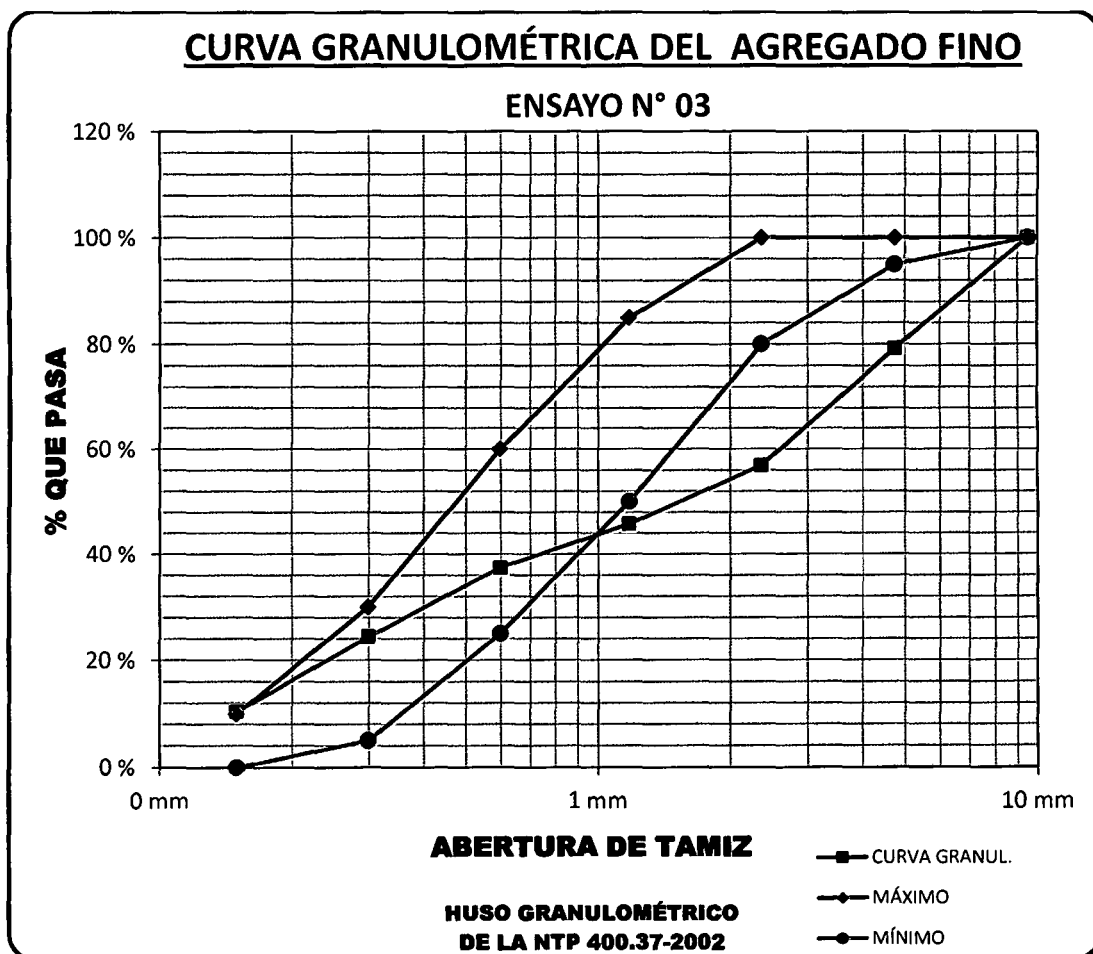


Gráfico N° 31: Huso Granulométrico del Agregado Fino - Ensayo N° 03.

Tabla N° 43: Huso Granulométrico del Agregado Grueso – Ensayo N° 01.

MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	1136.30	54.11	54.11	45.89
3/8"	9.51	649.10	30.91	85.02	14.98
N° 4	4.76	296.10	14.10	99.12	0.88
CAZOLETA		18.50	0.88	100.00	0.00
				M.g =	7.382

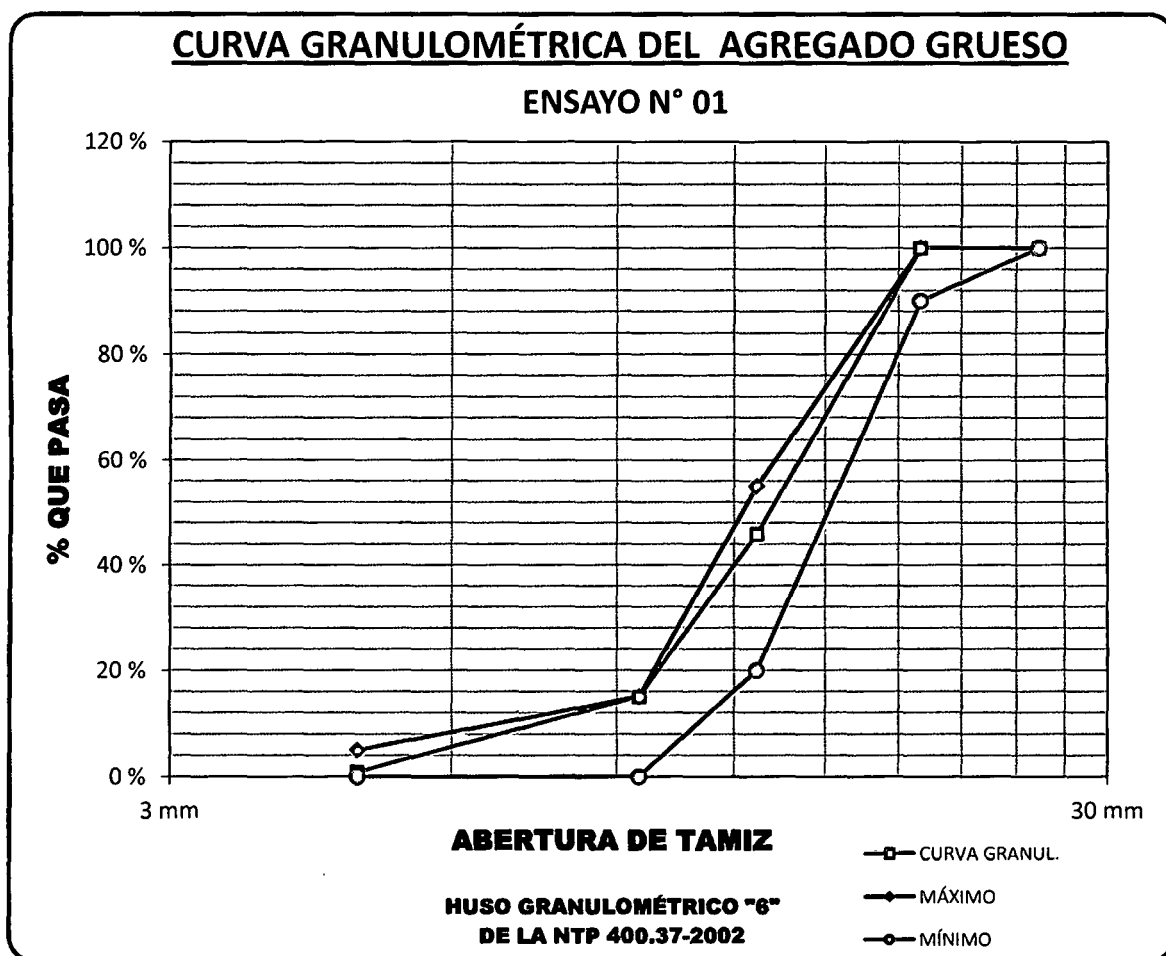


Gráfico N° 32: Huso Granulométrico del Agregado Grueso - Ensayo N° 01.

Tabla N° 44: Huso Granulométrico del Agregado Grueso – Ensayo N° 02.

ENSAYO N° 02		Peso de la Muestra = 2000 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.70	1139.50	56.98	56.98	43.03
3/8 "	9.51	602.30	30.12	87.09	12.91
N° 4	4.76	246.10	12.31	99.40	0.61
CAZOLETA		12.10	0.61	100.00	0.00
				M.g =	7.435

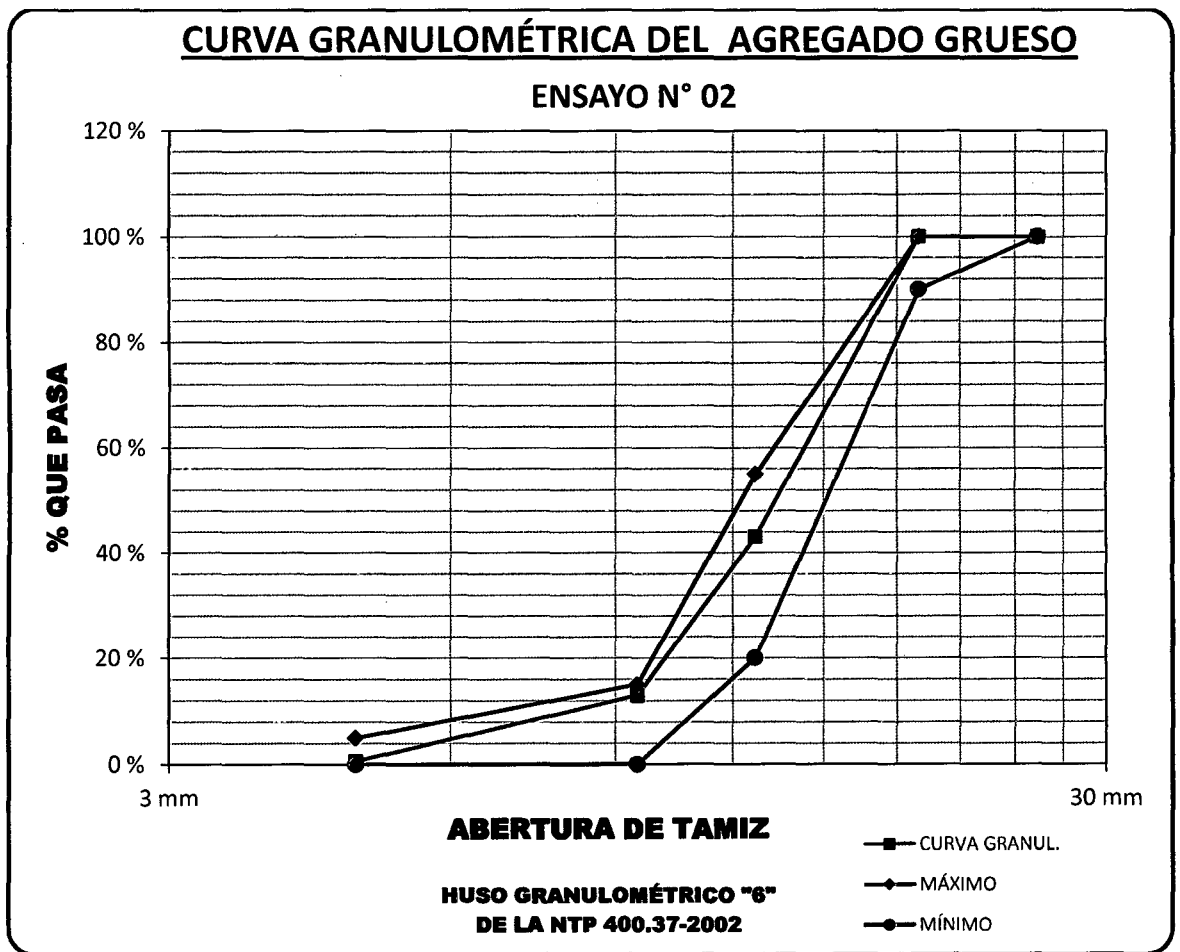


Gráfico N° 33: Huso Granulométrico del Agregado Grueso - Ensayo N° 02.

Tabla N° 45: Huso Granulométrico del Agregado Grueso – Ensayo N° 03.

MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.70	1132.60	53.93	53.93	46.07
3/8 "	9.51	651.80	31.04	84.97	15.03
N° 4	4.76	299.20	14.25	99.22	0.78
CAZOLETA		16.40	0.78	100.00	0.00
				M.g =	7.381

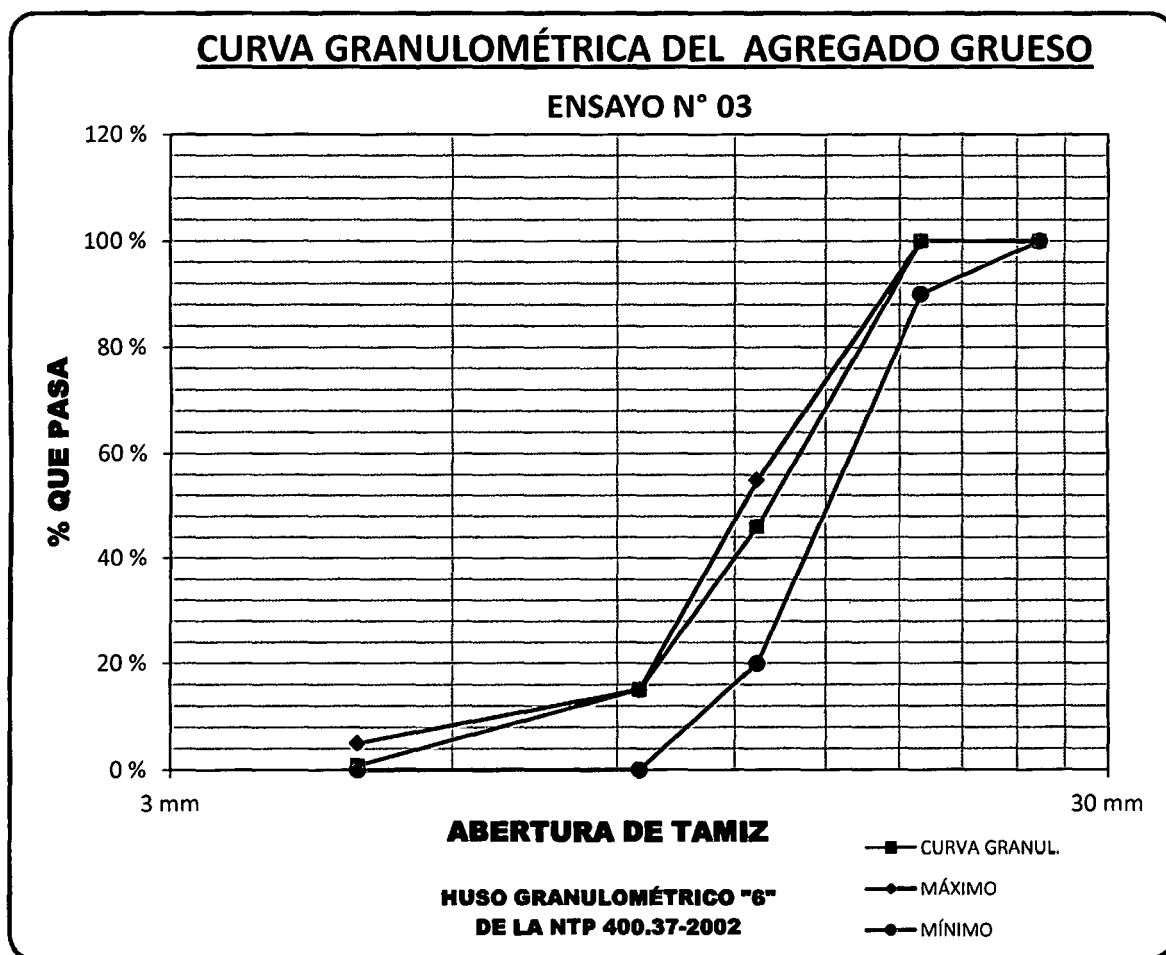


Gráfico N° 34: Huso Granulométrico del Agregado Grueso - Ensayo N° 03.

Tabla N° 46: Peso Especifico y Absorción del Agregado Fino.

PARA EL AGREGADO FINO				
ITEM	ENSAYO			
	N° 01	N° 02	N° 03	PROMEDIO
Peso en el aire de muestra secada en estufa (gr)	494.6	494.3	494.1	.....
Volumen del Frasco (cm3)	500.0	500.0	500.0	.....
Peso en gramos (gr) o volumen en cm3 del agua añadida al frasco	306.9	307.1	307.3	.....
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.56	2.56	2.56	2.56
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	2.59	2.59	2.59	2.59
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.64	2.64	2.65	2.64
PORCENTAJE DE ABSORCION	1.09	1.15	1.19	1.15

Tabla N° 47: Peso Especifico y Absorción del Agregado Grueso.

PARA EL AGREGADO GRUESO				
ITEM	ENSAYO			
	N° 01	N° 02	N° 03	PROMEDIO
Peso en el aire de muestra secada en estufa (gr)	2079.2	2079.7	2079.4	.....
Peso en el aire de muestra saturada con superficie	2100.1	2100.0	2100.2	.....
Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	1315.0	1315.0	1315.0	.....
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.65	2.65	2.65	2.65
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	2.67	2.68	2.67	2.67
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.72	2.72	2.72	2.72
PORCENTAJE DE ABSORCION	1.01	0.98	1.00	0.99

Tabla N° 48: Porcentaje de Humedad del Agregado.

PARA EL AGREGADO FINO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 24 DE OCTUBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	250.00	250.00	250.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	237.90	238.50	238.10
Peso del Agua en la Muestra	12.10	11.50	11.90
% DE HUMEDAD	5.09 %	4.82 %	5.00 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	4.97 %		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 07 DE NOVIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	250.00	250.00	250.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	237.65	238.57	238.15
Peso del Agua en la Muestra	12.35	11.43	11.85
% DE HUMEDAD	5.20 %	4.79 %	4.98 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	4.99		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 09 DE DICIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	250.00	250.00	250.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	239.45	236.14	239.75
Peso del Agua en la Muestra	10.55	13.86	10.25
% DE HUMEDAD	4.41 %	5.87 %	4.28 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	4.85 %		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 10 DE DICIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	250.00	250.00	250.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	238.98	237.13	238.95
Peso del Agua en la Muestra	11.02	12.87	11.05

% DE HUMEDAD	4.61 %	5.43 %	4.62 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	4.89 %		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 11 Y 12 DE DICIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	250.00	250.00	250.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	238.95	237.56	238.15
Peso del Agua en la Muestra	11.05	12.44	11.85
% DE HUMEDAD	4.62 %	5.24 %	4.98 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	4.95 %		

Tabla N° 49: Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso.

PARA EL AGREGADO GRUESO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 24 DE OCTUBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	496.60	496.90	496.70
Peso del Agua en la Muestra	3.40	3.10	3.30
% DE HUMEDAD	0.68 %	0.62 %	0.66 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.66 %		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 07 DE NOVIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	496.98	496.91	497.05
Peso del Agua en la Muestra	3.02	3.09	2.95
% DE HUMEDAD	0.61 %	0.62 %	0.59 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.61 %		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 09 DE DICIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	497.01	496.53	496.22
Peso del Agua en la Muestra	2.99	3.47	3.78
% DE HUMEDAD	0.60 %	0.70 %	0.76 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.69 %		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 10 DE DICIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	496.52	496.64	497.15
Peso del Agua en la Muestra	3.48	3.36	2.85
% DE HUMEDAD	0.70 %	0.68 %	0.57 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.65 %		
% DE HUMEDAD PARA EL VACEADO DEL 11 Y 12 DE DICIEMBRE DEL 2014			
Peso original de la Muestra (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso de la Muestra Seca al Horno (gr.)	496.67	496.58	496.64
Peso del Agua en la Muestra	3.33	3.42	3.36
% DE HUMEDAD	0.67 %	0.69 %	0.68 %
% PROMEDIO DE HUMEDAD	0.68 %		

Tabla N° 50: Peso Específico del Agua para determinar el factor Agua "f".

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso de la Fiola + agua (gr)	710.80	710.70	710.70
Peso de la Fiola (gr)	212.70	213.00	212.80
Peso del Agua (gr)	498.10	497.70	497.90
Volumen del Agua (cm3)	500.00	500.00	500.00
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (Kg/m3)	0.000996	0.000995	0.000996
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO DEL AGUA	0.000996 Kg/m3		

Tabla N° 51: Factor de Agua "f" para determinar los Pesos Unitarios.

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del Molde + agua (gr)	5115.00	5115.00	5115.00
Peso del Molde + Vidrio + Agua (gr)	14702.00	14702.00	14700.00
Peso del Agua (gr)	9587.00	9587.00	9585.00
Peso Específico del Agua (Kg/m3)	0.000996	0.000996	0.000996
Volumne del Molde (m3)	9627.44	9627.44	9625.43
FACTOR DE AGUA "f" EN m3	0.10387	0.10387	0.10389
PROMEDIO DEL FACTOR DE AGUA "f"	0.10388 m3		

Tabla N° 52: Peso Unitario Suelto Seco del Agregado Fino.

P.U.S.S DEL AGREGADO FINO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215.00	4215.00	4215.00
Peso del recipinete + Material (gr)	20150.00	20190.00	20220.00
Peso del Material (gr)	15935.00	15975.00	16005.00
Factor "f"	0.1039	0.1039	0.1039
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)	1655.28	1659.44	1662.55
PROM. PESO UNITARIO SUELTO SECO	1659.09 Kg/m3		

Tabla N° 53: Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Fino.

P.U.S.C DEL AGREGADO FINO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215.00	4215.00	4215.00
Peso del recipinete + Material (gr)	21250.00	21286.00	21214.00
Peso del Material (gr)	17035.00	17071.00	16999.00
Factor "f"	0.1039	0.1039	0.1039
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)	1769.55	1773.29	1765.81
PROM. PESO UNITARIO SECO COMPACT.	1769.55 Kg/m3		

Tabla N° 54: Peso Unitario Suelto Seco del Agregado Grueso.

P.U.S.S DEL AGREGADO GRUESO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215.00	4215.00	4215.00
Peso del recipinete + Material (gr)	18390.00	18270.00	18150.00
Peso del Material (gr)	14175.00	14055.00	13935.00
Factor "f"	0.1039	0.1039	0.1039
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)	1472.46	1459.99	1447.53
PROM. PESO UNITARIO SUELTO SECO	1459.99 Kg/m3		

Tabla N° 55: Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso.

P.U.S.C DEL AGREGADO GRUESO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215.00	4215.00	4215.00
Peso del recipinete + Material (gr)	19240.00	19180.00	19230.00
Peso del Material (gr)	15025.00	14965.00	15015.00
Factor "f"	0.1039	0.1039	0.1039
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m3)	1560.75	1554.52	1559.71
PROM. PESO UNITARIO SECO COMPACT.	1558.33 Kg/m3		

Tabla N° 56: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado fino.

PARA EL AGREGADO FINO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso de Muestra Seca antes del ensayo (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso de Muestra Seca después del lavado (gr.)	475.60	474.90	475.80
Peso de las partículas menores al tamiz N° 200	24.40	25.10	24.20
% DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	4.88 %	5.02 %	4.84 %
% PROM. DE PARTÍCULAS MENORES TAMIZ N° 200	4.91 %		

Tabla N° 57: Partículas Menores al Tamiz N° 200 para el Agregado Grueso.

PARA EL AGREGADO GRUESO			
ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso de Muestra Seca antes del ensayo (gr.)	10639.85	10870.15	10169.35
Peso de Muestra Seca después del ensayo (gr.)	10445.05	10680.15	9976.85
Peso de las partículas menores al tamiz N° 200	194.80	190.00	192.50
% DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	1.83 %	1.75 %	1.89 %
% PROM. DE PARTÍCULAS MENORES TAMIZ N° 200	1.82 %		

Tabla N° 58: Cantidad de Agregado Grueso para el Ensayo de Abrasión

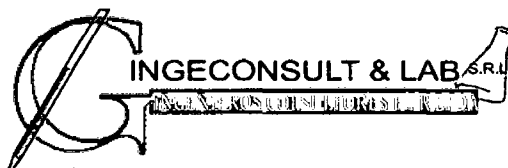
TAMICES		RETENIDO EN		B
ABERTURA	PASA			
3/4"	19 mm	1/2"	12.7 mm	1250 gr.
1/2"	12.7 mm	3/8"	9.51 mm	1250 gr.
TOTAL				5000 gr.

Tabla N° 59: Ensayo de Abrasión del Agregado Grueso.

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso original de la Muestra (gr.)	5000.00	5000.00	5000.00
Peso final de la Muestra (gr.)	3359.20	3487.50	3284.00
Peso del desgaste del agregado	1640.80	1512.50	1716.00
% DE ABRASIÓN	32.82 %	30.25 %	34.32 %
% PROMEDIO DE ABRASIÓN	32.46 %		

7.5. ANEXO V: ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS.

7.5.1. ANÁLISIS DE PH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO UTILIZADO EN LAS MEZCLAS.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

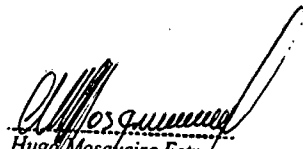
ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO (NTP 339.176, AASHTO T290)

TESISTA : ALEXANDER, HUAMAN QUISPE
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO"
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
MUESTRA : M-1
FECHA : 14/10/2014

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO ₄) ⁻² ppm	CLORUROS Cl ⁻¹ ppm	TEMPERATURA °C
AGREGADO	9.54	78.30	64.40	20.1

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.


Hugo Mosquera Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.5.2. ANÁLISIS DE PH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO UTILIZADO EN LAS MEZCLAS.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
 RPM: *696926 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793


ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO (NTP 339.176. AASHTO T290)

TESISTA : ALEXANDER, HUAMAN QUISPE
 TESIS : "COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO"
 ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
 MUESTRA : M-2
 FECHA : 14/10/2014

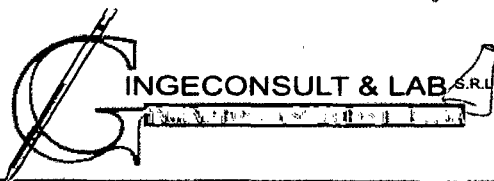
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO ₄) ⁻² ppm	CLORUROS Cl ⁻¹ ppm	TEMPERATURA °C
AGREGADO	9.57	72.56	62.51	19.8

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.


 Mosqueira Estfaver
 Jefe Lab. Químico
 I.Q.: CIP 27664

7.5.3. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO UTILIZADO EN LAS MEZCLAS.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO

NORMA MTC E 213


TESISTA : ALEXANDER, HUAMAN QUISPE
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO REFORZADO
CON FIBRA DE VIDRIO"
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
MUESTRA : M-2
FECHA : 14/10/2014

MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

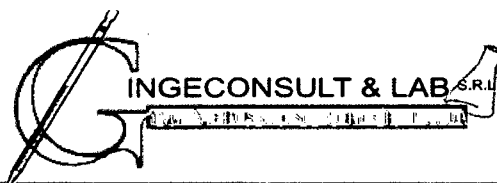
1. Muestra de Ensayo : 100 gr. De muestra
2. Color estándar de referencia : Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
3. Resultado : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

CONCLUSIÓN: De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.


Hugo Mosquera Estrada
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 2768

7.5.4. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO UTILIZADO EN LAS MEZCLAS.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO

NORMA MTC E 213


TESISTA : ALEXANDER, HUAMAN QUISPE
TESIS : " COMPORTAMIENTO MECANICO DEL CONCRETO REFORZADO
CON FIBRA DE VIDRIO"
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
MUESTRA : M-1
FECHA : 14/10/2014

MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

1. Muestra de Ensayo : 100 gr. De muestra
2. Color estándar de referencia : Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
3. Resultado : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

CONCLUSIÓN: De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio


Hugo Mosqueira Estrayer
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.6. ANEXO VI: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LAS MEZCLAS.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS - ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

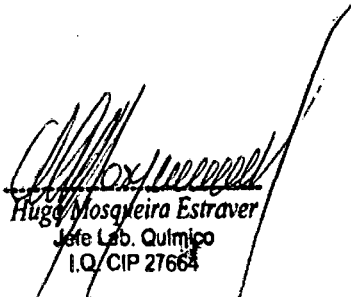
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE FIBRA DE VIDRIO

SOLICITA : ALEXANDER HUAMÁN QUISPE
PROYECTO : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO
REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO"
FIBRA : FIBRA DE VIDRIO TIPO E - MAT 450

FECHA DE SOLICITUD : 20/11/14

Muestra	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Temperatura de Ablandamiento	Peso específico de masa (gr/cm ³)
M-1	56.40	5.80	2.32	960°C	2.38

Nota: La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado.


Hugo Mosqueira Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.7. ANEXO VII: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO EN LOS ENSAYOS.



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002 -
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 01 de marzo del 2012

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	1.9	Máximo 6.0
SO3	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	2.6	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.61	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.16	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3940	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm ²)	27.0 (275)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	32.8 (335)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm ²)	39.1 (399)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	149	Mínimo 45
Fraguado Final	min	292	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados corresponden al promedio del cemento despachado en el año 2011.

(*) Requisito opcional.

APLICACIONES

De uso tradicional en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales de ningún tipo:

- Obras de concreto y de concreto armado en general.
- Para estructuras que requieren rápido desencofrado.
- Concreto en clima frío.
- Prefabricados.
- Pavimentos y cimentaciones.

7.8. ANEXO VIII: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Tabla N° 60 : Resistencia a la compresión promedio.

$f'c$ (kg / cm ²)	$f'cr$ (kg / cm ²)
Menor de 214.20	$f'c + 71.4$
214.20 a 357.00	$f'c + 86.7$
Mayor de 357.00	$1.1f'c + 51$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-060

Tabla N° 61: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	≥ 5"	Muy Trabajable

Fuente: Diseño de mezclas – Riva Lopez.

Tabla N° 62: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada.

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado	0" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Contenido de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con aire incorporado	0" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
	Contenido de aire total	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Diseño de mezclas – Riva Lopez.

Tabla N° 63: Relación agua/cemento (a/c) del concreto por resistencia.

Relación Agua/Cemento	RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DÍAS	
	Sin Aire incorporado	Con Aire incorporado
0.35	420	335
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	180
0.71	175	140
0.80	140	110

Fuente: Diseño de mezclas – Riva Lopez.

Tabla N° 64: Módulo de finura de la combinación de agregados "mc".

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN Saco / m ³ INDICADOS.			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.89
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.38

Nota: Estos valores de la tabla están referidos al agregado grueso, adecuadamente graduado con un contenido de vacíos del orden del 35% .Los valores deben incrementarse o disminuirse en porcentaje de vacíos 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos. Los valores de la tabla anterior pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas pavimentos e estructuras ciclópeas si las condiciones de colocación son favorables estos valores pueden ser incrementados en 0.2.

Fuente: Diseño de mezclas – Riva Lopez.

7.9. ANEXO IX: ANEXO VI: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Tabla N° 65: Mezcla para el 1^{er} ajuste del concreto

TESIS	: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO		
TESISTA	: BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
Fecha de Diseño	: 23 DE OCTUBRE DEL 2014		
Realizado por	: BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
Chequeado por	: MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS			
Cantera de donde se extraen los material: RIO CHONTA			
DATUM WGS-84	USO 17	FRANJA M	
COORDENADAS UTM		ESTE	: 0779655.03
		NORTE	: 9207531.73
		COTA	: 2650.00 m.s.n.m
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	210.00 kg / cm ²		
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm ²		
Incremento	86.70 kg / cm ²	84	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	294.00 kg / cm ²		
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1659.09	Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1459.99
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1769.55	Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1558.33
Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.56	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.65
Absorción (%)	: 1.15	Absorción (%)	: 0.99
Contenido de Humedad (%)	: 4.97	Contenido de Humedad (%)	: 0.66
Módulo de Finura	: 3.45	Módulo de Finura	: 7.4
CEMENTO		FIBRA	
Norma	: NTP 334.009-2013	Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	: 1/2"
Tipo de Cemento	: Pacasmayo Tipo I	Perfil del Agregado	: Angular
Peso Específico (gr/cm ³)	: 3.11	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.38
AGUA		FIBRA	
Norma	: NTP 334.009-2013	Absorción (%)	: 30.80
Peso Específico (gr/cm ³)	: 1.00	Contenido de Humedad (%)	: 0.00
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia : Plástica		
	Asentamiento : 3" - 4"		
Tipo de Concreto a diseñar	Concreto sin Aire Incorporado		
Volumen unitario de Agua	216.00 lt/m ³		
Contenido de aire total	2.50 %		
Relación Agua / Cemento	0.52		
Factor cemento	Cantidad de Cemento	: 415.40 Kg/m ³	
	Factor Cemento	: 9.8 Bolsas/m ³	
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta	Cemento	: 0.134 m ³	
	Agua	: 0.216 m ³	
	Aire	: 0.025 m ³	
	Suma de Volúmenes	: 0.375 m ³	
Volumen absolutos de los Agregados.	Volumen absoluto	: 0.625 m ³	
Módulo de finura de la Combinación de Agregados	Contenido de Cemento	: 9.8 Bolsas/m ³	
	TMN	: 1/2"	
	MFCa	: 5.30	
Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado.	% de Agregado Fino	: 53.16 %	
Volúmenes absolutos de los Agregados.	Agregado Fino	: 0.333 m ³	
	Agregado Grueso	: 0.293 m ³	
Peso Seco de los Agregados.	Agregado Fino	: 851.20 Kg/m ³	
	Agregado Grueso	: 776.20 Kg/m ³	
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.	Cemento	: 415.40 Kg/m ³	
	Agua de diseño	: 216.00 lt/m ³	
	Agregado Fino seco	: 851.20 Kg/m ³	
	A. Grueso seco +10%	: 853.82 Kg/m ³	
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	: 42.50 Kg/bls	
	Agua de diseño	: 22.10 lt/bls	
	Agregado Fino seco	: 87.09 Kg/bls	
	Agregado Grueso seco	: 87.36 Kg/bls	
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado	Cemento	: 1	
	Agregado fino seco	: 2.05	
	Agregado grueso seco	: 2.06	
	Agua de Diseño	: 22.1 lt/bls	

Tabla N° 66: Corrección por Contenido de Humedad de los Agregados para el ajuste de Mezcla.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS	
Fecha de Correcci: 23 DE OCTUBRE DEL 2014	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO (CONCRETO PATRON)	
Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 415.40 Kg/m3
	Agua de diseño : 216.00 lt/m3
	Agregado Fino seco : 851.20 Kg/m3
	Agregado Grueso seco : 853.82 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 4.97 %
	Agregado Grueso : 0.66 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.15 %
	Agregado Grueso : 0.99 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 893.50 Kg/m3
	Agregado Grueso : 859.50 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 3.82 %
	Agregado Grueso : -0.33 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 32.50 lt/m3
	Agregado Grueso : -2.80 lt/m3
	Aporte Total : 29.70 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 186.30 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m3	Cemento : 415.40 Kg/m3
	Agua Efectiva : 186.30 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo : 893.50 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo : 859.50 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.45
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva : 19.1 lt/bls
	Agregado fino húmedo : 91.4 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 87.9 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 2.15
	Agregado grueso húmedo : 2.07
	Agua Efectiva : 19.1 lt / saco

Tabla N° 67: Ajuste de Mezcla por Apariencia, Asentamiento, Agua Adicional y Contenido de Aire para la elaboración del concreto.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO		
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE		
Fecha de Correcci: 06 DE NOVIEMBRE DEL 2014		
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA		
Cantera de donde se extraen los materiales :	RIO CHONTA	VER DISEÑO)
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 4.99 %
	Agregado Grueso	: 0.61 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.15 %
	Agregado Grueso	: 0.99 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 3.84 %
	Agregado Grueso	: -0.38 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento	: 8.31 Kg/tanda
	Agua de diseño	: 4.32 lt/tanda
	Agregado Fino seco	: 17.02 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco	: 17.08 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3)	Cemento	: 8.31 Kg/tanda
	Agua Efectiva	: 3.73 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	: 17.87 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	: 17.19 Kg/tanda
Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia	: Sobregravosa
	Asentamiento	: 15.00 cm
	Agua adicional	: 0.00 cm3
	Contenido de Aire	: 1.52 %
	Peso Unitario del Concreto	: 2306.19 Kg/m3
Tanda de mezclado	Cemento	: 8.31 Kg/tanda
	Agua Añadida	: 3.73 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	: 17.87 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	: 17.19 Kg/tanda
	Peso de la Colada	: 47.09 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimiento de la tanda	: 0.0204207 m3/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino	: 0.65 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso	: -0.06 lt/tanda
	Agua Añadida	: 3.73 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda	: 4.32 lt/tanda
Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3	: 211.35 lt/m3
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado	: 9.00 cm
	Asentamiento obtenido	: 15.00 cm
	Disminuir asentamiento en	: -6.00 cm
	Disminuir agua de mezcla en	: -12.00 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3	: 199.35 lt/m3
Corrección por contenido de aire (Incremento de 2 lt por cada disminución de 1 % en el contenido de aire)	Contenido de aire deseado	: 2.50 %
	Contenido de aire obtenido	: 1.52 %
	Incrementar el aire en	: 0.98 %
	Disminuir agua de mezcla en	: -1.96 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3	: 197.39 lt/m3
Corrección por apariencia de la mezcla (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño	: 0.1974 m3
	Cemento	: 0.1221 m3
	Aire atrapado	: 0.0250 m3
	Agregado grueso	: 0.2763 m3
	Agregado fino	: 0.3792 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño	: 197.40 lt/m3
	Cemento	: 379.73 Kg/m3
	Agregado grueso	: 732.20 Kg/m3
	Agregado fino	: 970.75 Kg/m3
	Aire atrapado	: 2.50 %

Tabla N° 68: Primer ajuste de Mezcla por Resistencia debido al Grado de Hidratación del Concreto.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
1° CORRECCIÓN POR RESISTENCIA	
Fecha de Correcci: 06 DE NOVIEMBRE DEL 2014	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO (CONCRETO PATRON)	
Cantera de donde se extraen los materiales :	RIO CHONTA
Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días	Resistencia del especimen 01 : 307.38 kg/cm2
	Resistencia del especimen 02 : 283.81 kg/cm2
	Resistencia del especimen 03 : 314.06 kg/cm2
	Resistencia de 03 especim. : 301.75 kg/cm2
Probable resistencia a los 28 días (1.4 de la Resist. a los 7 días)	Resistencia probable a 28 días : 422.45 kg/cm2
Resistencia deseada a los 28 días	Resist. deseada a 28 días fc : 210.00 kg/cm2
Relación a/c empleada en el diseño original	Relación a/c diseño original : 0.52
Grado de hidratación del C° bajo las condiciones de curado	Grado de hidratación (α) : 0.62
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c corregida por hidrat. : 0.71
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño : 197.40 lt/m3
	Cemento : 278.03 Kg/m3
	Agregado grueso seco : 768.72 Kg/m3
	Agregado fino seco : 1019.18 Kg/m3
	Aire atrapado : 2.50 %
Volumenes Absolutos de los Nuevos Materiales de Diseño (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño : 0.1974 m3
	Cemento : 0.0894 m3
	Aire atrapado : 0.0250 m3
	Agregado grueso : 0.3223 m3
	Agregado fino : 0.3659 m3

Tabla N° 69: Segundo ajuste de Mezcla por Resistencia debido al Grado de Hidratación del Concreto.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
2° CORRECCIÓN POR RESISTENCIA	
Fecha de Correcci: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2014	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA	
Cantera de donde se extraen los materiales :	RIO CHONTA
Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días	Resistencia del especimen 01 : 216.54 kg/cm2
	Resistencia del especimen 02 : 218.65 kg/cm2
	Resistencia del especimen 03 : 218.96 kg/cm2
	Resistencia de 03 especímenes : 218.05 kg/cm2
Probable resistencia a los 28 días (1.4 de la Resist. a los 7 días)	Resistencia probable a 28 días : 305.27 kg/cm2
Resistencia deseada a los 28 días	Resistencia deseada a 28 días fc : 210.00 kg/cm2
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c diseño 1° corrección : 0.71
Grado de hidratación del concreto bajo las condiciones de	Grado de hidratación (α) : 0.74
Relación a/c empleada en el diseño original	Rel. a/c corregida por hidrat. : 0.84
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño : 197.40 lt/m3
	Cemento : 235.00 Kg/m3
	Agregado grueso seco : 871.27 Kg/m3
	Agregado fino seco : 955.54 Kg/m3
	Aire atrapado : 2.50 %

Tabla N° 70: Corrección por Humedad de los Agregados del Ajuste de Mezcla y Concreto patrón (0% de fibra) utilizado para la elaboración del concreto.

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL		
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga		
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO		
Fecha de Correcci: 08 DE DICIEMBRE DEL 2014		
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga		
Chequeado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC		
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO (CONCRETO PATRON)		
Cantera de donde se extraen los materiales :	RIO CHONTA	(VER DISEÑO)
Materiales de Diseño	Cemento	: 235.00 Kg/m3
	Agua de diseño	: 197.40 lt/m3
	Agregado Fino seco	: 955.54 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 871.27 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 4.85 %
	Agregado Grueso	: 0.69 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.15 %
	Agregado Grueso	: 0.99 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 1001.90 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 877.30 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 3.70 %
	Agregado Grueso	: -0.30 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 35.40 lt/m3
	Agregado Grueso	: -2.60 lt/m3
	Aporte Total	: 32.80 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 164.60 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 235.00 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 164.60 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 1001.90 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 877.30 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva		: 0.70
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	: 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva	: 29.8 lt/bls
	Agregado fino húmedo	: 181.2 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	: 158.7 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento	: 1.0
	Agregado fino húmedo	: 4.3
	Agregado grueso húmedo	: 3.7
	Agua Efectiva	: 29.8 lt / saco
Volumen Aparente de los materiales (pie3).	Cemento	: 5.53
	Agregado fino húmedo	: 20.34
	Agregado grueso húmedo	: 21.07
	Agua Efectiva	: 197.4 lt / saco
Proporción en Volumen de los materiales	Cemento	: 1.0
	Agregado fino húmedo	: 3.7
	Agregado grueso húmedo	: 3.8
	Agua Efectiva	: 35.7 lt / saco

Tabla N° 71: Diseño de Mezcla con 0.125 % de Adición de Fibra de Vidrio.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO		
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño	: 09 DE DICIEMBRE DEL 2014	
Realizado por	: BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
Chequeado por	: MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA	
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS|		
Cantera de donde se extraen los material: RIO CHONTA		
DATUM WGS-84	USO 17	
FRANJA M		
COORDENADAS UTM	ESTE : 0779655.03	
	NORTE : 9207531.73	
	COTA : 2650.00 m.s.n.m	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	210.00 kg / cm2	
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm2	
Incremento	86.70 kg / cm2 84	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	294.00 kg / cm2	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3)	: 1659.09	
Peso unitario seco compactado (kg/m3)	: 1769.55	
Peso específico de masa (gr/cm3)	: 2.56	
Absorción (%)	: 1.15	
Contenido de Humedad (%)	: 4.97	
Módulo de Finura	: 3.45	
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3)	: 1459.99	
Peso unitario seco compactado (kg/m3)	: 1558.33	
Peso específico de masa (gr/cm3)	: 2.65	
Absorción (%)	: 0.99	
Contenido de Humedad (%)	: 0.66	
Módulo de Finura	: 7.4	
CEMENTO		
Norma	: NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento	: Pacasmayo Tipo I	
Peso Especifico (gr/cm : 3.11		
AGUA		
Norma	: NTP 334.009-2013	
Peso Especifico (gr/cm : 1.00		
FIBRA		
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	: 1/2"	
Perfil del Agregado	: Angular	
Peso específico de masa (gr/cm3)	: 2.38	
Absorción (%)	: 30.80	
Contenido de Humedad (%)	: 0.00	
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de Diseño con 0 % de fibra de vidrio (MUESTRA PATRON)	Agua de diseño	: 197.40 lt/m3
	Cemento	: 235.00 Kg/m3
	Agregado grueso seco	: 871.27 Kg/m3
	Agregado fino seco	: 955.54 Kg/m3
	Aire atrapado	: 2.50 %
Volúmenes absolutos de Materiales de Diseño con 0 % de fibra de vidrio (VOLUMEN DE MUESTRA PATRON)	Agua de diseño	: 0.197 m3
	Cemento	: 0.076 m3
	Agregado grueso seco	: 0.340 m3
	Agregado fino seco	: 0.361 m3
	Aire atrapado	: 0.025 m3
Porcentaje de Agregados en la Muestra	Agregado grueso seco	: 48.560 %
	Agregado fino seco	: 51.440 %
Volúmenes Absolutos de Materiales de Diseño con 0.125 % de Fibra de Vidrio	Agua de diseño	: 0.197 m3
	Cemento	: 0.076 m3
	Fibra	: 0.00125 m3
	Agregado grueso seco	: 0.340 m3
	Agregado fino seco	: 0.360 m3
Proporción en Peso de los Materiales con 0.125 % de Fibra de Vidrio Sin ser Corregidos por Humedad del Agregado	Agua de diseño	: 197.40 lt/m3
	Cemento	: 235.00 Kg/m3
	Fibra	: 2.98 Kg/m3
	Agregado grueso seco	: 901.80 Kg/m3
	Agregado fino seco	: 922.84 Kg/m3
Aire atrapado	: 2.50 %	

Tabla N° 72: Corrección por Humedad de los Agregados del Diseño de Mezcla con 0.125 % de Adición de Fibra de Vidrio.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS	
Fecha de Correcci: 09 DE DICIEMBRE DEL 2014	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO CON 0.125 % DE FIBRA DE VIDRIO	
Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CHONTA	
Materiales de Diseño Con 0.125 % De Fibra de Vidrio	Cemento : 235.00 Kg/m3
	Agua de diseño : 197.40 lt/m3
	Fibra : 2.98 Kg/m3
	Agregado Fino seco : 922.84 Kg/m3
	Agregado Grueso seco : 901.80 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 4.97 %
	Agregado Grueso : 0.66 %
	Fibra : 0.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.15 %
	Agregado Grueso : 0.99 %
	Fibra : 30.80 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 968.70 Kg/m3
	Agregado Grueso : 907.80 Kg/m3
	Fibra : 3.00 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 3.82 %
	Agregado Grueso : -0.33 %
	Fibra : -30.80 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 35.30 lt/m3
	Agregado Grueso : -3.00 lt/m3
	Fibra : -0.92
	Aporte Total : 31.38 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 166.02 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento : 235.00 Kg/m3
	Agua Efectiva : 166.02 lt/m3
	Fibra Húmeda : 3.00 Kg/m3
	Agregado Fino Húmedo : 968.70 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo : 907.80 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.71
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento (42.5 Kg. en Perú).	Cemento : 42.50 Kg/bls
	Agua Efectiva : 30.02 lt/bls
	Fibra húmeda : 0.54 Kg/bls
	Agregado fino húmedo : 175.19 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 164.18 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1.0
	Agregado fino húmedo : 4.1
	Agregado grueso húmedo : 3.9
	Fibra húmeda : 0.013
	Agua Efectiva : 30.0 lt / saco
Volumen Aparente de los materiales (pie3).	Cemento : 5.53
	Agregado fino húmedo : 19.64
	Agregado grueso húmedo : 21.81
	Agua Efectiva : 197.4 lt / saco
Proporción en Volumen de los materiales	Cemento : 1.0
	Agregado fino húmedo : 3.6
	Agregado grueso húmedo : 3.9
	Agua Efectiva : 35.7 lt / saco

Tabla N° 73: Diseño de Mezcla con 0.25 % de Adición de Fibra de Vidrio.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO		
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño : 10 DE DICIEMBRE DEL 2014		
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS|		
Cantera de donde se extraen los material: RIO CHONTA		
DATUM WGS-84	USO 17	
FRANJA M		
COORDENADAS UTM	ESTE : 0779655.03	
	NORTE : 9207531.73	
	COTA : 2650.00 m.s.n.m	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	210.00 kg / cm2	
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm2	
Incremento	86.70 kg / cm2 84	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	294.00 kg / cm2	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1659.09	
Peso unitario seco compactado (kg/m3) :	1769.55	
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.56	
Absorción (%) :	1.15	
Contenido de Humedad (%) :	4.97	
Módulo de Finura :	3.45	
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1459.99	
Peso unitario seco compactado (kg/m3) :	1558.33	
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.65	
Absorción (%) :	0.99	
Contenido de Humedad (%) :	0.66	
Módulo de Finura :	7.4	
CEMENTO		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento :	Pacasmayo Tipo I	
Peso Especifico (gr/cm3) :	3.11	
AGUA		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Peso Especifico (gr/cm3) :	1.00	
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de Diseño con 0 % de fibra de vidrio (MUESTRA PATRON)	Agua de diseño :	197.40 lt/m3
	Cemento :	235.00 Kg/m3
	Agregado grueso seco :	871.27 Kg/m3
	Agregado fino seco :	955.54 Kg/m3
	Aire atrapado :	2.50 %
	Agua de diseño :	0.197 m3
	Cemento :	0.076 m3
	Agregado grueso seco :	0.340 m3
	Agregado fino seco :	0.361 m3
	Aire atrapado :	0.025 m3
Porcentaje de Agregados en la Muestra	Agregado grueso seco :	48.560 %
	Agregado fino seco :	51.440 %
Volumenes Absolutos de Materiales de Diseño con 0.25 % de Fibra de Vidrio	Agua de diseño :	0.197 m3
	Cemento :	0.076 m3
	Fibra :	0.0025 m3
	Agregado grueso seco :	0.340 m3
	Agregado fino seco :	0.360 m3
Proporción en Peso de los Materiales con 0.25 % de Fibra de Vidrio Sin ser Corregidos por Humedad del Agregado	Aire atrapado :	0.025 m3
	Agua de diseño :	197.40 lt/m3
	Cemento :	235.00 Kg/m3
	Fibra :	5.95 Kg/m3
	Agregado grueso seco :	900.19 Kg/m3
	Agregado fino seco :	921.20 Kg/m3
	Aire atrapado :	2.50 %



Tabla N° 74: Corrección por Humedad de los Agregados del Diseño de Mezcla con 0.25 % de Adición de Fibra de Vidrio.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS	
Fecha de Correcci: 10 DE DICIEMBRE DEL 2014	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO CON 0.25 % DE FIBRA DE VIDRIO	
Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CHONTA	
Materiales de Diseño Con 0.25 % De Fibra de Vidrio	Cemento : 235.00 Kg/m3
	Agua de diseño : 197.40 lt/m3
	Fibra : 5.95 Kg/m3
	Agregado Fino seco : 921.20 Kg/m3
	Agregado Grueso seco : 900.19 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 4.97 %
	Agregado Grueso : 0.66 %
	Fibra : 0.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.15 %
	Agregado Grueso : 0.99 %
	Fibra : 30.80 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 967.00 Kg/m3
	Agregado Grueso : 906.10 Kg/m3
	Fibra : 6.00 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 3.82 %
	Agregado Grueso : -0.33 %
	Fibra : -30.80 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 35.20 lt/m3
	Agregado Grueso : -3.00 lt/m3
	Fibra : -1.83 lt/m3
	Aporte Total : 30.37 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 167.03 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento : 235.00 Kg/m3
	Agua Efectiva : 167.03 lt/m3
	Fibra Húmeda : 6.00 Kg/m3
	Agregado Fino Húmedo : 967.00 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo : 906.10 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.71
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento (42.5 Kg. en Perú).	Cemento : 42.50 Kg/bls
	Agua Efectiva : 30.21 lt/bls
	Fibra húmeda : 1.09 Kg/bls
	Agregado fino húmedo : 174.88 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 163.87 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 4.11
	Agregado grueso húmedo : 3.86
	Fibra húmeda : 0.026
	Agua Efectiva : 30.2 lt / saco
Volumen Aparente de los materiales (pie3).	Cemento : 5.53
	Agregado fino húmedo : 19.61
	Agregado grueso húmedo : 21.77
	Agua Efectiva : 197.4 lt / saco
Proporción en Volumen de los materiales	Cemento : 1.0
	Agregado fino húmedo : 3.5
	Agregado grueso húmedo : 3.9
	Agua Efectiva : 35.7 lt / saco

Tabla N° 75: Diseño de Mezcla con 0.50 % de Adición de Fibra de Vidrio.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO		
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño : 10 DE DICIEMBRE DEL 2014		
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS|		
Cantera de donde se extraen los material: RIO CHONTA		
DATUM WGS-84	USO 17	
FRANJA M		
COORDENADAS UTM		
ESTE : 0779655.03	NORTE : 9207531.73	
COTA : 2650.00 m.s.n.m		
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	210.00 kg / cm2	
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm2	
Incremento	86.70 kg / cm2	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	294.00 kg / cm2	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1659.09	
Peso unitario seco compactado (kg/m3) :	1769.55	
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.56	
Absorción (%) :	1.15	
Contenido de Humedad (%) :	4.97	
Módulo de Finura :	3.45	
CEMENTO		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento :	Pacasmayo Tipo I	
Peso Específico (gr/cm : 3.11		
AGUA		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Peso Específico (gr/cm : 1.00		
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1459.99	
Peso unitario seco compactado (kg/r : 1558.33		
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.65	
Absorción (%) :	0.99	
Contenido de Humedad (%) :	0.66	
Módulo de Finura :	7.4	
Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :	1/2"	
Perfil del Agregado :	Angular	
FIBRA		
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.38	
Absorción (%) :	30.80	
Contenido de Humedad (%) :	0.00	
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de Diseño con 0 % de fibra de vidrio (MUESTRA PATRON)	Agua de diseño :	197.40 lt/m3
	Cemento :	235.00 Kg/m3
	Agregado grueso seco :	871.27 Kg/m3
	Agregado fino seco :	955.54 Kg/m3
	Aire atrapado :	2.50 %
	Volúmenes absolutos de Materiales de Diseño con 0 % de fibra de vidrio (VOLUMEN DE MUESTRA PATRON)	Agua de diseño :	0.197 m3
Cemento :		0.076 m3
Agregado grueso seco :		0.340 m3
Agregado fino seco :		0.361 m3
Aire atrapado :		0.025 m3
Porcentaje de Agregados en la Muestra		Agregado grueso seco :	48.560 %
	Agregado fino seco :	51.440 %
Volúmenes Absolutos de Materiales de Diseño con 0.5 % de Fibra de Vidrio	Agua de diseño :	0.197 m3
	Cemento :	0.076 m3
	Fibra :	0.005 m3
	Agregado grueso seco :	0.338 m3
	Agregado fino seco :	0.359 m3
	Aire atrapado :	0.025 m3
Proporción en Peso de los Materiales con 0.5 % de Fibra de Vidrio Sin ser Corregidos por Humedad del Agregado	Agua de diseño :	197.40 lt/m3
	Cemento :	235.00 Kg/m3
	Fibra :	11.90 Kg/m3
	Agregado grueso seco :	896.98 Kg/m3
	Agregado fino seco :	917.90 Kg/m3
	Aire atrapado :	2.50 %

Tabla N° 76: Corrección por Humedad de los Agregados del Diseño de Mezcla con 0.50 % de Adición de Fibra de Vidrio.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO		
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS		
Fecha de Correcci: 10 DE DICIEMBRE DEL 2014		
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA		
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO		
Cantera de donde se extraen los materiales :		RIO CHONTA
Materiales de Diseño Con 0.5 % De Fibra de Vidrio	Cemento	: 235.00 Kg/m3
	Agua de diseño	: 197.40 lt/m3
	Fibra	: 11.90 Kg/m3
	Agregado Fino seco	: 917.90 Kg/m3
	Agregado Grueso seco	: 896.98 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 4.97 %
	Agregado Grueso	: 0.66 %
	Fibra	: 0.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	: 1.15 %
	Agregado Grueso	: 0.99 %
	Fibra	: 30.80 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	: 963.50 Kg/m3
	Agregado Grueso	: 902.90 Kg/m3
	Fibra	: 11.90 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	: 3.82 %
	Agregado Grueso	: -0.33 %
	Fibra	: -30.80 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	: 35.10 lt/m3
	Agregado Grueso	: -3.00 lt/m3
	Fibra	: -3.67
	Aporte Total	: 28.43 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 168.97 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 235.00 Kg/m3
	Agua Efectiva	: 168.97 lt/m3
	Fibra Húmeda	: 11.90 Kg/m3
	Agregado Fino Húmedo	: 963.50 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 902.90 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva		: 0.72
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento (42.5 Kg. en Perú).	Cemento	: 42.50 Kg/bls
	Agua Efectiva	: 30.56 lt/bls
	Fibra húmeda	: 2.15 Kg/bls
	Agregado fino húmedo	: 174.25 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	: 163.29 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento	: 1.00
	Agregado fino húmedo	: 4.10
	Agregado grueso húmedo	: 3.84
	Fibra húmeda	: 0.051
	Agua Efectiva	: 30.56 lt / saco
Volumen Aparente de los materiales (pie3).	Cemento	: 5.53
	Agregado fino húmedo	: 19.54
	Agregado grueso húmedo	: 21.69
	Agua Efectiva	: 197.4 lt / saco
Proporción en Volumen de los materiales	Cemento	: 1.0
	Agregado fino húmedo	: 3.5
	Agregado grueso húmedo	: 3.9
	Agua Efectiva	: 35.7 lt / saco

Tabla N° 77: Diseño de Mezcla con 1.0 % de Adición de Fibra de Vidrio para determinar el Máximo Porcentaje de fibra Adicionada.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO		
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño : 09 DE DICIEMBRE DEL 2014		
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE		
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS|		
Cantera de donde se extraen los material: RIO CHONTA		
DATUM WGS-84	USO 17	
FRANJA M		
COORDENADAS UTM	ESTE : 0779655.03 NORTE : 9207531.73 COTA : 2650.00 m.s.n.m	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	210.00 kg / cm2	
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm2	
Incremento	86.70 kg / cm2 84	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	294.00 kg / cm2	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1659.09	
Peso unitario seco compactado (kg/m3) :	1769.55	
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.56	
Absorción (%) :	1.15	
Contenido de Humedad (%) :	4.95	
Módulo de Finura :	3.45	
CEMENTO		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento :	Pacasmayo Tipo I	
Peso Específico (gr/cm : 3.11		
AGUA		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Peso Específico (gr/cm : 1.00		
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m3) :	1459.99	
Peso unitario seco compactado (kg/r : 1558.33		
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.65	
Absorción (%) :	0.99	
Contenido de Humedad (%) :	0.68	
Módulo de Finura :	7.4	
Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :	1/2"	
Perfil del Agregado :	Angular	
FIBRA		
Peso específico de masa (gr/cm3) :	2.38	
Absorción (%) :	30.80	
Contenido de Humedad (%) :	0.00	
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de Diseño con 0 % de fibra de vidrio (MUESTRA PATRON)	Agua de diseño :	197.40 lt/m3
	Cemento :	235.00 Kg/m3
	Agregado grueso seco :	871.27 Kg/m3
	Agregado fino seco :	955.54 Kg/m3
	Aire atrapado :	2.50 %
Volúmenes absolutos de Materiales de Diseño con 0 % de fibra de vidrio (VOLUMEN DE MUESTRA PATRON)	Agua de diseño :	0.197 m3
	Cemento :	0.076 m3
	Agregado grueso seco :	0.340 m3
	Agregado fino seco :	0.361 m3
	Aire atrapado :	0.025 m3
Porcentaje de Agregados en la Muestra	Agregado grueso seco :	48.560 %
	Agregado fino seco :	51.440 %
Volúmenes Absolutos de Materiales de Diseño con 1 % de Fibra de Vidrio	Agua de diseño :	0.197 m3
	Cemento :	0.076 m3
	Fibra :	0.010 m3
	Agregado grueso seco :	0.336 m3
	Agregado fino seco :	0.356 m3
Aire atrapado :	0.025 m3	
Proporción en Peso de los Materiales con 1 % de Fibra de Vidrio Sin ser Corregidos por Humedad del Agregado	Agua de diseño :	197.40 lt/m3
	Cemento :	235.00 Kg/m3
	Fibra :	23.80 Kg/m3
	Agregado grueso seco :	890.54 Kg/m3
	Agregado fino seco :	911.32 Kg/m3
Aire atrapado :	2.50 %	

Tabla N° 78: Corrección por Humedad de los Agregados del Diseño de Mezcla con 1.0 % de Adición de Fibra de Vidrio para determinar el Máximo Porcentaje de fibra Adicionada.

TESIS : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	
TESISTA : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL METODO DE MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS	
Fecha de Correcci: 09 DE DICIEMBRE DEL 2014	
Realizado por : BACH. ING. CIVIL ALEXANDER HUAMÁN QUISPE	
Chequeado por : MG. ING. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO CON 1 % DE FIBRA DE VIDRIO	
Cantera de donde se extraen los materiales :	RIO CHONTA
Materiales de Diseño Con 1 % De Fibra de Vidrio	Cemento : 235.00 Kg/m3
	Agua de diseño : 197.40 lt/m3
	Fibra : 23.80 Kg/m3
	Agregado Fino seco : 911.32 Kg/m3
	Agregado Grueso seco : 890.54 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 4.97 %
	Agregado Grueso : 0.66 %
	Fibra : 0.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.15 %
	Agregado Grueso : 0.99 %
	Fibra : 30.80 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 956.60 Kg/m3
	Agregado Grueso : 896.40 Kg/m3
	Fibra : 23.80 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 3.82 %
	Agregado Grueso : -0.33 %
	Fibra : -30.80 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 34.80 lt/m3
	Agregado Grueso : -2.90 lt/m3
	Fibra : -7.33
	Aporte Total : 24.57 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 172.83 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m3	Cemento : 235.00 Kg/m3
	Agua Efectiva : 172.83 lt/m3
	Fibra Húmeda : 23.80 Kg/m3
	Agregado Fino Húmedo : 956.60 Kg/m3
	Agregado Grueso Húmedo : 896.40 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.74
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento (42.5 Kg. en Perú).	Cemento : 42.50 Kg/bls
	Agua Efectiva : 31.26 lt/bls
	Fibra húmeda : 4.30 Kg/bls
	Agregado fino húmedo : 173.00 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 162.11 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 4.07
	Agregado grueso húmedo : 3.81
	Fibra húmeda : 0.101
	Agua Efectiva : 31.3 lt / sacco
Volumen Aparente de los materiales (pie3).	Cemento : 5.53
	Agregado fino húmedo : 19.40
	Agregado grueso húmedo : 21.54
	Agua Efectiva : 197.4 lt / sacco
Proporción en Volumen de los materiales	Cemento : 1.0
	Agregado fino húmedo : 3.5
	Agregado grueso húmedo : 3.9
	Agua Efectiva : 35.7 lt / sacco

7.10. ANEXO X: RESULTADOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS.

Tabla N° 79: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 07 días con 0% de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		303.25 mm	303.50 mm	303.50 mm	302.75 mm	302.00 mm	303.50 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.16 cm	15.21 cm	15.16 cm	15.21 cm	15.22 cm	15.15 cm	-----
PESO		13.03 Kg	13.07 Kg	13.02 Kg	13.05 Kg	13.00 Kg	13.04 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2380.0 Kg/m ³	2369.3 Kg/m ³	2377.0 Kg/m ³	2373.1 Kg/m ³	2367.4 Kg/m ³	2381.7 Kg/m ³	2374.8 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		26.50 Tn	30.00 Tn	29.50 Tn	27.50 Tn	28.50 Tn	30.00 Tn	28.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		146.8 Kg/cm ²	165.1 Kg/cm ²	163.5 Kg/cm ²	151.4 Kg/cm ²	156.7 Kg/cm ²	166.4 Kg/cm ²	158.3 Kg/cm²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	E.060	181931.11	192885.82	191949.90	184734.83	187964.78	193646.41	188852.14
	ACI 363R	198921.33	206659.55	205998.43	200901.83	203183.41	207196.81	203810.23
	GRÁFICA	172948.47	178271.00	175769.52	168222.97	180158.60	176983.36	175392.32

Tabla N° 80: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 14 días con 0% de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 6	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		304.00 mm	303.75 mm	303.75 mm	302.00 mm	303.25 mm	303.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.25 cm	15.24 cm	15.22 cm	15.25 cm	15.23 cm	15.24 cm	-----
PESO		13.10 Kg	13.09 Kg	13.14 Kg	13.05 Kg	13.15 Kg	13.10 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2357.9 Kg/m ³	2362.3 Kg/m ³	2375.5 Kg/m ³	2364.8 Kg/m ³	2381.3 Kg/m ³	2363.5 Kg/m ³	2367.6 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		37.50 Tn	35.70 Tn	37.00 Tn	36.10 Tn	36.50 Tn	37.25 Tn	36.68 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		205.3 Kg/cm ²	195.7 Kg/cm ²	203.3 Kg/cm ²	197.6 Kg/cm ²	200.4 Kg/cm ²	204.1 Kg/cm ²	201.1 Kg/cm²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	E.060	215101.45	210027.02	214045.07	211027.28	212558.99	214509.83	212878.27
	ACI 363R	222352.30	218767.80	221606.08	219474.37	220556.35	221934.38	220781.88
	GRÁFICA	195394.81	199673.43	188198.44	201595.57	202466.62	208304.37	199272.21

Tabla N° 81: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 28 días con 0% de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 3	TIPO - 6	TIPO - 6	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		303.00 mm	303.25 mm	303.00 mm	302.50 mm	304.25 mm	304.00 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.23 cm	15.28 cm	15.28 cm	15.23 cm	15.30 cm	-----
PESO		13.13 Kg	13.11 Kg	13.16 Kg	13.11 Kg	13.09 Kg	13.15 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2376.9 Kg/m ³	2374.0 Kg/m ³	2370.1 Kg/m ³	2363.0 Kg/m ³	2362.6 Kg/m ³	2352.6 Kg/m ³	2366.5 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		41.00 Tn	40.23 Tn	41.00 Tn	40.85 Tn	40.74 Tn	41.80 Tn	40.94 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		225.0 Kg/cm ²	220.9 Kg/cm ²	223.7 Kg/cm ²	222.7 Kg/cm ²	223.7 Kg/cm ²	227.3 Kg/cm ²	223.9 Kg/cm²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	E.060	225192.48	223152.08	224569.61	224063.09	224562.09	226372.04	224651.90
	ACI 363R	229480.42	228039.12	229040.44	228682.64	229035.13	230313.65	229098.57
	GRÁFICA	204525.52	192105.71	203395.21	222726.03	194538.14	210500.36	204631.83

Tabla N° 82: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 07 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 6	-----
ALTURA PROMEDIO		303.25 mm	303.00 mm	303.00 mm	303.50 mm	303.00 mm	302.50 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.17 cm	15.22 cm	15.23 cm	15.16 cm	15.21 cm	15.23 cm	-----
PESO		12.83 Kg	12.91 Kg	12.87 Kg	12.80 Kg	12.93 Kg	12.85 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2341.3 Kg/m ³	2342.2 Kg/m ³	2332.1 Kg/m ³	2335.3 Kg/m ³	2349.9 Kg/m ³	2333.2 Kg/m ³	2339.0 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		27.95 Tn	30.00 Tn	29.50 Tn	27.50 Tn	30.15 Tn	30.20 Tn	29.22 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		154.7 Kg/cm ²	165.0 Kg/cm ²	162.0 Kg/cm ²	152.3 Kg/cm ²	166.0 Kg/cm ²	165.9 Kg/cm ²	161.0 Kg/cm²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	E.060	186719.01	192841.45	191111.51	185267.82	193453.27	193362.47	190459.26
	ACI 363R	202303.42	206628.21	205406.21	201278.33	207060.39	206996.25	204945.47
	GRÁFICA	184147.24	189631.99	188410.45	176448.96	186131.51	190438.95	185868.18

Tabla N° 83: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 14 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----	
FALLA DE ROTURA	TIPO - 6	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 4	TIPO - 3	-----	
ALTURA PROMEDIO	301.75 mm	304.25 mm	304.75 mm	304.25 mm	304.75 mm	303.00 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.24 cm	15.22 cm	15.21 cm	15.21 cm	15.24 cm	15.23 cm	-----	
PESO	12.88 Kg	12.95 Kg	12.97 Kg	12.92 Kg	12.97 Kg	12.99 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2338.1 Kg/m3	2338.3 Kg/m3	2343.7 Kg/m3	2335.1 Kg/m3	2332.7 Kg/m3	2353.0 Kg/m3	2340.1 Kg/m3	
CARGA MÁX. DE ROTURA	37.25 Tn	36.85 Tn	37.00 Tn	37.15 Tn	36.50 Tn	37.50 Tn	37.04 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	204.1 Kg/cm2	202.5 Kg/cm2	203.8 Kg/cm2	204.4 Kg/cm2	200.1 Kg/cm2	205.9 Kg/cm2	203.5 Kg/cm2	
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	E.060	214499.28	213659.87	214309.01	214626.53	212353.29	215433.40	214146.90
	ACI 363R	221926.93	221333.99	221792.53	222016.82	220411.04	222586.78	221678.01
	GRÁFICA	206388.25	200122.09	202742.41	199376.71	181702.30	194245.21	197429.50

Tabla N° 84: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 28 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----	
FALLA DE ROTURA	TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 4	TIPO - 5	-----	
ALTURA PROMEDIO	303.00 mm	303.25 mm	303.75 mm	304.25 mm	301.25 mm	303.50 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.23 cm	15.23 cm	15.19 cm	15.18 cm	15.21 cm	15.23 cm	-----	
PESO	12.86 Kg	12.81 Kg	12.83 Kg	12.81 Kg	12.65 Kg	12.84 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2328.9 Kg/m3	2320.2 Kg/m3	2330.0 Kg/m3	2325.9 Kg/m3	2309.6 Kg/m3	2320.9 Kg/m3	2322.6 Kg/m3	
CARGA MÁX. DE ROTURA	40.90 Tn	42.25 Tn	41.45 Tn	42.15 Tn	40.75 Tn	41.65 Tn	41.53 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	224.4 Kg/cm2	232.1 Kg/cm2	228.7 Kg/cm2	232.8 Kg/cm2	224.1 Kg/cm2	228.5 Kg/cm2	228.4 Kg/cm2	
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	E.060	224917.69	228712.13	227065.90	229080.76	224770.47	226944.45	226915.23
	ACI 363R	229286.32	231966.64	230803.77	232227.04	229182.33	230717.99	230697.35
	GRÁFICA	204957.03	208690.83	198900.40	211455.82	206575.36	198687.65	204877.85

Tabla N° 85: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 07 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		304.00 mm	303.50 mm	303.00 mm	303.75 mm	303.50 mm	303.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.20 cm	15.23 cm	15.21 cm	15.24 cm	15.23 cm	15.22 cm	-----
PESO		12.74 Kg	12.87 Kg	12.72 Kg	12.84 Kg	12.71 Kg	12.86 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----
PESO UNITARIO C° END.		2310.0 Kg/m3	2326.7 Kg/m3	2311.1 Kg/m3	2317.5 Kg/m3	2297.8 Kg/m3	2327.1 Kg/m3	2315.0 Kg/m3
CARGA MÁX. DE ROTURA		29.65 Tn	30.00 Tn	29.50 Tn	28.50 Tn	30.15 Tn	30.25 Tn	29.68 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		163.5 Kg/cm2	164.7 Kg/cm2	162.5 Kg/cm2	156.2 Kg/cm2	165.5 Kg/cm2	166.3 Kg/cm2	163.1 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	E.060	191975.04	192661.02	191366.03	187656.45	193132.57	193633.75	191737.48
	ACI 363R	206016.19	206500.76	205586.00	202965.61	206833.85	207187.87	205848.38
	GRÁFICA	178689.31	181555.76	190017.90	175340.07	193315.58	185025.68	183990.72

Tabla N° 86: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 14 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 6	TIPO - 6	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 6	TIPO - 6	-----
ALTURA PROMEDIO		303.25 mm	302.50 mm	303.25 mm	302.00 mm	303.00 mm	302.50 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.17 cm	15.24 cm	15.23 cm	15.23 cm	15.23 cm	15.20 cm	-----
PESO		12.77 Kg	12.74 Kg	12.77 Kg	12.68 Kg	12.75 Kg	12.76 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----
PESO UNITARIO C° END.		2328.9 Kg/m3	2307.6 Kg/m3	2311.5 Kg/m3	2304.1 Kg/m3	2310.7 Kg/m3	2322.2 Kg/m3	2314.2 Kg/m3
CARGA MÁX. DE ROTURA		37.85 Tn	38.05 Tn	37.65 Tn	38.00 Tn	37.45 Tn	38.25 Tn	37.88 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		209.3 Kg/cm2	208.5 Kg/cm2	206.7 Kg/cm2	208.5 Kg/cm2	205.6 Kg/cm2	210.7 Kg/cm2	208.2 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	E.060	217217.39	216779.72	215874.47	216807.92	215300.33	217909.77	216648.27
	ACI 363R	223846.96	223537.80	222898.34	223557.71	222492.78	224336.04	223444.94
	GRÁFICA	198599.51	187314.65	208201.04	193986.45	196789.85	208162.50	198842.33

Tabla N° 87: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 28 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 6	-----
ALTURA PROMEDIO		302.25 mm	303.25 mm	302.50 mm	303.00 mm	303.25 mm	303.50 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.21 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.21 cm	15.26 cm	-----
PESO		12.74 Kg	12.74 Kg	12.77 Kg	12.71 Kg	12.81 Kg	12.86 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----
PESO UNITARIO C° END.		2313.2 Kg/m3	2312.2 Kg/m3	2325.4 Kg/m3	2303.4 Kg/m3	2323.2 Kg/m3	2315.6 Kg/m3	2315.5 Kg/m3
CARGA MÁX. DE ROTURA		41.90 Tn	42.25 Tn	41.95 Tn	42.55 Tn	42.05 Tn	42.85 Tn	42.26 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		230.0 Kg/cm2	232.5 Kg/cm2	231.1 Kg/cm2	233.7 Kg/cm2	231.4 Kg/cm2	234.3 Kg/cm2	232.2 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	E.060	227710.48	228945.20	228224.72	229537.76	228361.39	229794.59	228762.36
	ACI 363R	231259.10	232131.29	231622.34	232549.86	231718.89	232731.28	232002.13
	GRÁFICA	199510.76	209116.32	199720.00	210959.03	209369.14	199715.23	204731.75

Tabla N° 88: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 07 días con 0.50% de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 6	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		303.75 mm	303.00 mm	303.25 mm	303.75 mm	303.00 mm	304.50 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.24 cm	15.20 cm	15.23 cm	-----
PESO		12.60 Kg	12.59 Kg	12.55 Kg	12.65 Kg	12.60 Kg	12.75 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----
PESO UNITARIO C° END.		2276.0 Kg/m3	2290.7 Kg/m3	2278.4 Kg/m3	2281.8 Kg/m3	2292.6 Kg/m3	2298.4 Kg/m3	2286.3 Kg/m3
CARGA MÁX. DE ROTURA		30.20 Tn	30.35 Tn	29.50 Tn	29.75 Tn	30.45 Tn	30.50 Tn	30.13 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		165.8 Kg/cm2	167.3 Kg/cm2	162.4 Kg/cm2	163.0 Kg/cm2	167.9 Kg/cm2	167.4 Kg/cm2	165.6 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	E.060	193302.16	194205.60	191331.43	191680.39	194525.28	194263.09	193217.99
	ACI 363R	206953.65	207591.82	205561.55	205808.06	207817.64	207632.43	206894.19
	GRÁFICA	186048.12	172319.28	184342.85	183350.97	172709.18	194675.68	182241.01

Tabla N° 89: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 14 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		302.50 mm	302.50 mm	303.50 mm	302.50 mm	303.50 mm	303.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.26 cm	15.18 cm	15.24 cm	15.18 cm	15.24 cm	15.24 cm	-----
PESO		12.64 Kg	12.50 Kg	12.60 Kg	12.65 Kg	12.55 Kg	12.61 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----
PESO UNITARIO C° END.		2284.1 Kg/m3	2282.3 Kg/m3	2276.0 Kg/m3	2309.6 Kg/m3	2267.8 Kg/m3	2275.9 Kg/m3	2282.6 Kg/m3
CARGA MÁX. DE ROTURA		38.50 Tn	37.95 Tn	38.25 Tn	38.75 Tn	38.55 Tn	38.15 Tn	38.36 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		210.5 Kg/cm2	209.6 Kg/cm2	209.8 Kg/cm2	214.0 Kg/cm2	211.4 Kg/cm2	209.1 Kg/cm2	210.7 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	E.060	217804.22	217360.90	217452.12	219639.97	218303.21	217124.93	217947.56
	ACI 363R	224261.49	223948.33	224012.77	225558.23	224613.96	223781.65	224362.74
	GRÁFICA	213444.64	209810.36	198652.01	186103.48	208502.79	197680.26	202365.59

Tabla N° 90: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a compresión a los 28 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 6	TIPO - 4	TIPO - 4	TIPO - 6	TIPO - 6	TIPO - 6	-----
ALTURA PROMEDIO		305.00 mm	305.50 mm	303.50 mm	300.00 mm	303.50 mm	303.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.39 cm	15.21 cm	15.28 cm	15.21 cm	15.18 cm	-----
PESO		12.57 Kg	13.06 Kg	12.57 Kg	12.60 Kg	12.50 Kg	12.59 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----
PESO UNITARIO C° END.		2269.3 Kg/m3	2298.5 Kg/m3	2277.3 Kg/m3	2290.0 Kg/m3	2266.8 Kg/m3	2288.6 Kg/m3	2281.8 Kg/m3
CARGA MÁX. DE ROTURA		42.89 Tn	42.75 Tn	43.15 Tn	42.65 Tn	42.95 Tn	43.25 Tn	42.94 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		236.2 Kg/cm2	229.8 Kg/cm2	237.4 Kg/cm2	232.5 Kg/cm2	236.4 Kg/cm2	238.9 Kg/cm2	235.2 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm2)	NORMA E.060	230725.80	227617.15	231302.39	228950.14	230834.00	232058.34	230247.97
	ACI 363R	233389.07	231193.17	233796.36	232134.77	233465.50	234330.35	233051.54
	GRÁFICA	213727.12	208006.68	214991.23	201864.02	214510.00	208832.43	210321.91

Tabla N° 91: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 07 días con 0% de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	303.25 mm	302.75 mm	303.25 mm	304.00 mm	302.25 mm	303.25 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.17 cm	15.23 cm	15.21 cm	15.16 cm	15.20 cm	15.21 cm	-----	
PESO	12.98 Kg	13.07 Kg	13.06 Kg	13.05 Kg	13.00 Kg	13.06 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2367.5 Kg/m3	2369.9 Kg/m3	2370.3 Kg/m3	2377.9 Kg/m3	2369.6 Kg/m3	2370.7 Kg/m3	2371.0 Kg/m3	
CARGA MÁX. DE ROTURA	12.00 Tn	11.50 Tn	13.00 Tn	12.50 Tn	12.00 Tn	12.50 Tn	12.25 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	16.6 Kg/cm2	15.9 Kg/cm2	17.9 Kg/cm2	17.3 Kg/cm2	16.6 Kg/cm2	17.3 Kg/cm2	16.93 Kg/cm2	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	2.81 mm	2.59 mm	3.23 mm	1.94 mm	2.78 mm	2.57 mm	2.65 mm
	LONG.	149.26 mm	148.52 mm	145.23 mm	148.97 mm	149.78 mm	149.83 mm	148.60 mm

Tabla N° 92: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 14 días con 0% de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	303.50 mm	303.75 mm	302.50 mm	302.50 mm	302.25 mm	302.00 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.21 cm	15.18 cm	15.22 cm	15.22 cm	15.18 cm	15.20 cm	-----	
PESO	13.09 Kg	13.05 Kg	13.03 Kg	13.05 Kg	12.95 Kg	13.00 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2371.6 Kg/m3	2373.5 Kg/m3	2368.1 Kg/m3	2372.3 Kg/m3	2368.1 Kg/m3	2371.4 Kg/m3	2370.8 Kg/m3	
CARGA MÁX. DE ROTURA	15.20 Tn	12.55 Tn	14.50 Tn	14.65 Tn	12.50 Tn	12.00 Tn	13.57 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	21.0 Kg/cm2	17.3 Kg/cm2	20.1 Kg/cm2	20.3 Kg/cm2	17.3 Kg/cm2	16.6 Kg/cm2	18.76 Kg/cm2	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	2.76 mm	3.12 mm	1.97 mm	2.72 mm	2.99 mm	3.20 mm	2.79 mm
	LONG.	148.91 mm	149.92 mm	138.45 mm	145.98 mm	148.56 mm	147.56 mm	146.56 mm

Tabla N° 93: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 28 días con 0% de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	300.75 mm	303.75 mm	302.00 mm	301.00 mm	303.00 mm	303.00 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.24 cm	15.24 cm	15.23 cm	15.24 cm	15.29 cm	15.25 cm	-----	
PESO	13.00 Kg	13.15 Kg	13.02 Kg	12.95 Kg	13.20 Kg	13.15 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2371.2 Kg/m3	2374.2 Kg/m3	2366.2 Kg/m3	2360.1 Kg/m3	2373.5 Kg/m3	2375.0 Kg/m3	2370.0 Kg/m3	
CARGA MÁX. DE ROTURA	14.75 Tn	16.25 Tn	14.50 Tn	15.95 Tn	15.15 Tn	16.10 Tn	15.45 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	20.5 Kg/cm2	22.4 Kg/cm2	20.1 Kg/cm2	22.1 Kg/cm2	20.8 Kg/cm2	22.2 Kg/cm2	21.34 Kg/cm2	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	2.23 mm	1.89 mm	1.82 mm	1.72 mm	2.12 mm	2.45 mm	2.04 mm
	LONG.	149.96 mm	148.53 mm	148.71 mm	140.90 mm	149.92 mm	148.96 mm	147.83 mm

Tabla N° 94: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 07 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROMEDIO		302.25 mm	302.75 mm	302.50 mm	303.00 mm	303.25 mm	303.00 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.17 cm	15.19 cm	15.21 cm	15.16 cm	15.24 cm	-----
PESO		12.85 Kg	12.84 Kg	12.90 Kg	12.85 Kg	12.79 Kg	12.82 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2338.5 Kg/m ³	2345.6 Kg/m ³	2351.9 Kg/m ³	2335.6 Kg/m ³	2336.2 Kg/m ³	2320.7 Kg/m ³	2338.1 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		13.25 Tn	12.25 Tn	13.10 Tn	12.95 Tn	13.10 Tn	13.15 Tn	12.97 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		18.3 Kg/cm ²	17.0 Kg/cm ²	18.1 Kg/cm ²	17.9 Kg/cm ²	18.1 Kg/cm ²	18.1 Kg/cm ²	17.94 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	2.52 mm	3.24 mm	3.89 mm	2.06 mm	2.58 mm	1.76 mm	2.68 mm
	LONG.	135.26 mm	142.36 mm	124.28 mm	139.78 mm	141.02 mm	127.89 mm	135.10 mm

Tabla N° 95: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 14 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROMEDIO		304.00 mm	304.00 mm	303.75 mm	302.50 mm	303.50 mm	304.25 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.21 cm	15.22 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.21 cm	-----
PESO		12.88 Kg	12.89 Kg	12.92 Kg	12.76 Kg	12.82 Kg	12.93 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2325.2 Kg/m ³	2335.0 Kg/m ³	2337.2 Kg/m ³	2325.9 Kg/m ³	2326.4 Kg/m ³	2337.6 Kg/m ³	2331.2 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		16.00 Tn	15.75 Tn	15.95 Tn	16.10 Tn	15.65 Tn	16.25 Tn	15.95 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		22.0 Kg/cm ²	21.7 Kg/cm ²	22.0 Kg/cm ²	22.3 Kg/cm ²	21.6 Kg/cm ²	22.3 Kg/cm ²	21.98 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.59 mm	2.58 mm	2.97 mm	3.43 mm	3.09 mm	2.86 mm	2.75 mm
	LONG.	125.68 mm	135.29 mm	134.58 mm	127.42 mm	133.34 mm	141.52 mm	132.97 mm

Tabla N° 96: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 28 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROMEDIO		302.25 mm	304.75 mm	303.75 mm	303.00 mm	304.25 mm	304.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.22 cm	15.18 cm	15.22 cm	15.22 cm	15.22 cm	-----
PESO		12.81 Kg	12.95 Kg	12.81 Kg	12.81 Kg	12.91 Kg	12.92 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2326.9 Kg/m ³	2334.7 Kg/m ³	2329.7 Kg/m ³	2323.2 Kg/m ³	2330.8 Kg/m ³	2328.6 Kg/m ³	2329.0 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		16.85 Tn	16.55 Tn	17.50 Tn	17.75 Tn	16.95 Tn	17.15 Tn	17.13 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		23.3 Kg/cm ²	22.7 Kg/cm ²	24.2 Kg/cm ²	24.5 Kg/cm ²	23.3 Kg/cm ²	23.5 Kg/cm ²	23.59 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.85 mm	1.29 mm	1.57 mm	1.49 mm	2.21 mm	2.29 mm	1.78 mm
	LONG.	141.73 mm	140.36 mm	125.99 mm	144.22 mm	124.36 mm	125.64 mm	133.72 mm

Tabla N° 97: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 07 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROMEDIO		304.50 mm	304.00 mm	303.50 mm	304.50 mm	304.00 mm	304.00 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.22 cm	15.22 cm	15.19 cm	15.25 cm	15.17 cm	15.25 cm	-----
PESO		12.79 Kg	12.82 Kg	12.80 Kg	12.89 Kg	12.75 Kg	12.86 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2307.5 Kg/m ³	2318.1 Kg/m ³	2327.9 Kg/m ³	2318.5 Kg/m ³	2320.6 Kg/m ³	2317.0 Kg/m ³	2318.3 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		13.25 Tn	13.40 Tn	12.75 Tn	12.95 Tn	13.50 Tn	13.40 Tn	13.21 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		18.2 Kg/cm ²	18.4 Kg/cm ²	17.6 Kg/cm ²	17.8 Kg/cm ²	18.6 Kg/cm ²	18.4 Kg/cm ²	18.17 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.03 mm	0.90 mm	1.34 mm	0.79 mm	1.32 mm	0.76 mm	1.02 mm
	LONG.	135.46 mm	148.52 mm	149.50 mm	130.25 mm	119.89 mm	138.24 mm	136.98 mm

Tabla N° 98: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 14 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROMEDIO		304.00 mm	303.00 mm	302.75 mm	303.00 mm	303.75 mm	303.25 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.22 cm	15.22 cm	15.23 cm	15.22 cm	15.26 cm	15.24 cm	-----
PESO		12.79 Kg	12.73 Kg	12.76 Kg	12.77 Kg	12.95 Kg	12.85 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2312.6 Kg/m ³	2309.2 Kg/m ³	2313.0 Kg/m ³	2316.5 Kg/m ³	2332.1 Kg/m ³	2323.7 Kg/m ³	2317.8 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		16.00 Tn	15.75 Tn	15.95 Tn	16.10 Tn	15.85 Tn	16.25 Tn	15.98 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		22.0 Kg/cm ²	21.7 Kg/cm ²	22.0 Kg/cm ²	22.2 Kg/cm ²	21.8 Kg/cm ²	22.4 Kg/cm ²	22.03 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	2.09 mm	1.58 mm	2.15 mm	0.91 mm	2.16 mm	1.76 mm	1.77 mm
	LONG.	120.58 mm	129.45 mm	124.55 mm	132.56 mm	137.46 mm	117.56 mm	127.03 mm

Tabla N° 99: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 28 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROMEDIO		303.00 mm	303.00 mm	303.75 mm	301.00 mm	303.75 mm	303.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.17 cm	15.24 cm	15.21 cm	15.24 cm	15.18 cm	15.20 cm	-----
PESO		12.71 Kg	12.74 Kg	12.73 Kg	12.59 Kg	12.71 Kg	12.79 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2319.8 Kg/m ³	2304.1 Kg/m ³	2307.6 Kg/m ³	2292.8 Kg/m ³	2311.9 Kg/m ³	2318.2 Kg/m ³	2309.1 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		18.55 Tn	18.25 Tn	18.75 Tn	17.95 Tn	18.70 Tn	17.15 Tn	18.23 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		25.7 Kg/cm ²	25.2 Kg/cm ²	25.8 Kg/cm ²	24.9 Kg/cm ²	25.8 Kg/cm ²	23.6 Kg/cm ²	25.18 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.17 mm	1.44 mm	1.02 mm	0.85 mm	0.97 mm	0.58 mm	1.01 mm
	LONG.	135.96 mm	120.48 mm	109.52 mm	108.87 mm	125.56 mm	130.24 mm	121.77 mm

Tabla N° 100: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 07 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	303.75 mm	304.50 mm	303.00 mm	304.50 mm	303.00 mm	304.00 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.36 cm	15.17 cm	15.19 cm	15.17 cm	15.19 cm	15.19 cm	-----	
PESO	12.85 Kg	12.70 Kg	12.54 Kg	13.06 Kg	12.60 Kg	12.60 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2283.9 Kg/m ³	2308.1 Kg/m ³	2285.0 Kg/m ³	2372.8 Kg/m ³	2296.0 Kg/m ³	2288.2 Kg/m ³	2305.7 Kg/m³	
CARGA MÁX. DE ROTURA	15.25 Tn	15.20 Tn	14.95 Tn	15.70 Tn	15.55 Tn	14.90 Tn	15.26 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	20.8 Kg/cm ²	21.0 Kg/cm ²	20.7 Kg/cm ²	21.6 Kg/cm ²	21.5 Kg/cm ²	20.5 Kg/cm ²	21.03 Kg/cm²	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.75 mm	1.80 mm	1.75 mm	1.20 mm	1.76 mm	1.59 mm	1.64 mm
	LONG.	120.23 mm	124.10 mm	131.58 mm	135.47 mm	105.82 mm	121.54 mm	123.12 mm

Tabla N° 101: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 14 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	303.25 mm	304.25 mm	303.50 mm	303.25 mm	304.25 mm	302.75 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.21 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.23 cm	15.22 cm	15.21 cm	-----	
PESO	12.51 Kg	12.67 Kg	12.63 Kg	12.65 Kg	12.70 Kg	12.64 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2270.0 Kg/m ³	2294.7 Kg/m ³	2286.6 Kg/m ³	2288.8 Kg/m ³	2293.5 Kg/m ³	2299.0 Kg/m ³	2288.8 Kg/m³	
CARGA MÁX. DE ROTURA	20.05 Tn	18.95 Tn	19.65 Tn	18.25 Tn	19.80 Tn	19.35 Tn	19.34 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	27.7 Kg/cm ²	26.1 Kg/cm ²	27.1 Kg/cm ²	25.2 Kg/cm ²	27.2 Kg/cm ²	26.8 Kg/cm ²	26.66 Kg/cm²	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.18 mm	0.52 mm	1.19 mm	0.60 mm	1.05 mm	0.85 mm	0.90 mm
	LONG.	121.88 mm	142.50 mm	113.20 mm	108.92 mm	101.20 mm	134.57 mm	120.38 mm

Tabla N° 102: Especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta a los 28 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	303.00 mm	303.75 mm	306.25 mm	303.75 mm	306.25 mm	304.25 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.23 cm	15.18 cm	15.42 cm	15.18 cm	15.42 cm	15.23 cm	-----	
PESO	12.55 Kg	12.57 Kg	13.08 Kg	12.60 Kg	13.00 Kg	12.63 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2271.7 Kg/m ³	2285.2 Kg/m ³	2286.1 Kg/m ³	2291.8 Kg/m ³	2272.9 Kg/m ³	2276.7 Kg/m ³	2280.7 Kg/m³	
CARGA MÁX. DE ROTURA	19.85 Tn	20.65 Tn	19.95 Tn	20.85 Tn	20.25 Tn	20.80 Tn	20.39 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	27.4 Kg/cm ²	28.5 Kg/cm ²	26.9 Kg/cm ²	28.8 Kg/cm ²	27.3 Kg/cm ²	28.6 Kg/cm ²	27.90 Kg/cm²	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	0.76 mm	0.78 mm	0.79 mm	0.95 mm	0.56 mm	1.03 mm	0.81 mm
	LONG.	82.11 mm	105.67 mm	135.68 mm	121.33 mm	97.58 mm	111.04 mm	108.90 mm

Tabla N° 103: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 07 días con 0 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	500.00 mm	499.50 mm	500.75 mm	500.50 mm	499.50 mm	501.00 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.08 cm	15.18 cm	15.09 cm	15.05 cm	15.18 cm	15.07 cm	-----	
PESO	26.39 Kg	26.88 Kg	26.61 Kg	26.65 Kg	27.00 Kg	26.35 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2321.6 Kg/m ³	2334.3 Kg/m ³	2332.3 Kg/m ³	2349.4 Kg/m ³	2344.7 Kg/m ³	2316.0 Kg/m ³	2333.1 Kg/m³	
CARGA MÁX. DE ROTURA	1925.00 Tn	1920.00 Tn	1875.00 Tn	1790.00 Tn	1900.00 Tn	1950.00 Tn	1893.33 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	25.3 Kg/cm ²	24.7 Kg/cm ²	24.6 Kg/cm ²	23.6 Kg/cm ²	24.4 Kg/cm ²	25.7 Kg/cm ²	24.71 Kg/cm²	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	11.56 mm	10.05 mm	9.19 mm	9.78 mm	9.13 mm	10.58 mm	10.05 mm
	LONG.	149.98 mm	149.99 mm	150.01 mm	149.21 mm	149.89 mm	150.02 mm	149.85 mm

Tabla N° 104: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 14 días con 0 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	500.75 mm	499.75 mm	500.00 mm	500.25 mm	500.75 mm	500.00 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.18 cm	15.11 cm	15.23 cm	15.22 cm	15.11 cm	15.20 cm	-----	
PESO	27.30 Kg	26.74 Kg	27.30 Kg	27.50 Kg	26.80 Kg	27.35 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2365.6 Kg/m ³	2343.8 Kg/m ³	2353.3 Kg/m ³	2372.5 Kg/m ³	2343.8 Kg/m ³	2366.5 Kg/m ³	2357.6 Kg/m³	
CARGA MÁX. DE ROTURA	2385.00 Tn	1995.00 Tn	2400.00 Tn	2250.00 Tn	2300.00 Tn	2195.00 Tn	2254.17 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	30.7 Kg/cm ²	26.0 Kg/cm ²	30.6 Kg/cm ²	28.7 Kg/cm ²	30.0 Kg/cm ²	28.1 Kg/cm ²	29.03 Kg/cm²	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	4.56 mm	5.28 mm	6.25 mm	5.01 mm	3.99 mm	6.03 mm	5.19 mm
	LONG.	148.96 mm	149.20 mm	146.58 mm	149.92 mm	148.51 mm	142.65 mm	147.64 mm

Tabla N° 105: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 28 días con 0 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----	
TIPO DE ESPECÍMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----	
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----	
ALTURA PROMEDIO	497.50 mm	500.00 mm	501.25 mm	498.50 mm	500.00 mm	498.50 mm	-----	
DIÁMETRO PROMEDIO	15.10 cm	15.08 cm	15.04 cm	15.10 cm	15.07 cm	14.98 cm	-----	
PESO	26.45 Kg	26.50 Kg	26.70 Kg	26.48 Kg	26.50 Kg	26.10 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----	
PESO UNITARIO C° END.	2330.4 Kg/m ³	2331.6 Kg/m ³	2354.6 Kg/m ³	2329.7 Kg/m ³	2335.0 Kg/m ³	2333.9 Kg/m ³	2335.9 Kg/m³	
CARGA MÁX. DE ROTURA	2510.00 Tn	2480.00 Tn	2550.00 Tn	2515.00 Tn	2400.00 Tn	2585.00 Tn	2506.67 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	32.6 Kg/cm ²	32.6 Kg/cm ²	33.8 Kg/cm ²	32.8 Kg/cm ²	31.6 Kg/cm ²	34.5 Kg/cm ²	32.97 Kg/cm²	
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	2.56 mm	3.16 mm	1.97 mm	1.78 mm	2.56 mm	2.63 mm	2.44 mm
	LONG.	148.51 mm	147.56 mm	149.92 mm	145.23 mm	148.97 mm	147.66 mm	147.98 mm

Tabla N° 106: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 07 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROMEDIO		500.25 mm	500.00 mm	501.75 mm	500.30 mm	500.25 mm	502.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.28 cm	15.18 cm	15.14 cm	15.23 cm	15.18 cm	15.18 cm	-----
PESO		27.18 Kg	27.00 Kg	27.06 Kg	26.95 Kg	27.02 Kg	27.30 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2327.4 Kg/m ³	2344.2 Kg/m ³	2352.6 Kg/m ³	2322.7 Kg/m ³	2343.7 Kg/m ³	2356.0 Kg/m ³	2341.1 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		1915.00 Tn	1920.00 Tn	2005.00 Tn	1895.00 Tn	1915.00 Tn	2025.00 Tn	1945.83 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		24.2 Kg/cm ²	24.7 Kg/cm ²	26.1 Kg/cm ²	24.2 Kg/cm ²	24.7 Kg/cm ²	26.2 Kg/cm ²	25.00 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	3.94 mm	1.97 mm	2.85 mm	2.48 mm	2.59 mm	3.02 mm	2.81 mm
	LONG.	135.45 mm	142.30 mm	125.00 mm	149.21 mm	149.89 mm	147.58 mm	141.57 mm

Tabla N° 107: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 14 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROMEDIO		501.25 mm	499.50 mm	502.00 mm	498.75 mm	500.00 mm	503.00 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.21 cm	15.08 cm	15.21 cm	15.21 cm	15.13 cm	-----
PESO		26.13 Kg	27.23 Kg	27.00 Kg	26.95 Kg	27.06 Kg	27.20 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2254.7 Kg/m ³	2357.0 Kg/m ³	2365.9 Kg/m ³	2337.2 Kg/m ³	2339.6 Kg/m ³	2363.0 Kg/m ³	2336.3 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		2385.00 Tn	2155.00 Tn	2386.00 Tn	2250.00 Tn	2300.00 Tn	2395.00 Tn	2311.83 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		30.6 Kg/cm ²	27.5 Kg/cm ²	31.5 Kg/cm ²	28.7 Kg/cm ²	29.4 Kg/cm ²	31.3 Kg/cm ²	29.85 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.89 mm	2.13 mm	1.57 mm	3.12 mm	2.05 mm	2.50 mm	2.21 mm
	LONG.	124.13 mm	139.54 mm	129.97 mm	137.89 mm	115.43 mm	149.23 mm	132.70 mm

Tabla N° 108: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 28 días con 0.125 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	0.125% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROMEDIO		499.50 mm	502.25 mm	498.75 mm	500.00 mm	500.00 mm	498.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.25 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.25 cm	15.15 cm	15.25 cm	-----
PESO		26.83 Kg	27.21 Kg	27.02 Kg	27.23 Kg	26.98 Kg	27.19 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2310.5 Kg/m ³	2345.3 Kg/m ³	2338.5 Kg/m ³	2342.6 Kg/m ³	2350.7 Kg/m ³	2345.4 Kg/m ³	2338.8 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		2945.00 Tn	2985.00 Tn	2865.00 Tn	2953.00 Tn	2895.00 Tn	2930.00 Tn	2928.83 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		37.3 Kg/cm ²	38.5 Kg/cm ²	36.5 Kg/cm ²	37.5 Kg/cm ²	37.5 Kg/cm ²	37.1 Kg/cm ²	37.38 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.35 mm	1.49 mm	0.92 mm	1.25 mm	1.37 mm	2.58 mm	1.49 mm
	LONG.	146.78 mm	123.54 mm	149.46 mm	125.84 mm	147.77 mm	112.47 mm	134.31 mm

Tabla N° 109: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 07 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROMEDIO		509.50 mm	499.50 mm	500.00 mm	510.00 mm	500.00 mm	500.00 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.27 cm	15.20 cm	15.16 cm	15.19 cm	15.22 cm	15.16 cm	-----
PESO		27.39 Kg	26.97 Kg	26.62 Kg	27.15 Kg	27.02 Kg	26.58 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2305.8 Kg/m ³	2338.3 Kg/m ³	2318.1 Kg/m ³	2306.0 Kg/m ³	2332.6 Kg/m ³	2314.6 Kg/m ³	2319.2 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		2145.00 Tn	2050.00 Tn	1998.00 Tn	2150.00 Tn	2079.00 Tn	2025.00 Tn	2074.50 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		27.7 Kg/cm ²	26.3 Kg/cm ²	25.8 Kg/cm ²	28.2 Kg/cm ²	26.5 Kg/cm ²	26.2 Kg/cm ²	26.78 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	4.03 mm	2.14 mm	3.17 mm	2.06 mm	1.78 mm	3.48 mm	2.78 mm
	LONG.	129.98 mm	115.68 mm	131.25 mm	130.28 mm	135.42 mm	135.87 mm	129.75 mm

Tabla N° 110: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 14 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROMEDIO		501.50 mm	500.25 mm	499.75 mm	501.50 mm	500.25 mm	499.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.20 cm	15.24 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.24 cm	15.22 cm	-----
PESO		26.83 Kg	26.61 Kg	26.70 Kg	27.00 Kg	26.75 Kg	26.85 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2316.4 Kg/m ³	2290.1 Kg/m ³	2311.5 Kg/m ³	2323.4 Kg/m ³	2302.1 Kg/m ³	2320.3 Kg/m ³	2310.6 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		2812.00 Tn	2852.00 Tn	2795.00 Tn	2860.00 Tn	2810.00 Tn	2785.00 Tn	2819.00 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		36.2 Kg/cm ²	36.3 Kg/cm ²	35.8 Kg/cm ²	36.6 Kg/cm ²	35.7 Kg/cm ²	35.5 Kg/cm ²	36.02 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.27 mm	1.03 mm	1.16 mm	1.23 mm	1.31 mm	0.95 mm	1.16 mm
	LONG.	122.56 mm	135.26 mm	123.58 mm	118.59 mm	128.65 mm	123.15 mm	125.30 mm

Tabla N° 111: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 28 días con 0.25 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	0.25% FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROMEDIO		501.75 mm	510.00 mm	500.75 mm	501.75 mm	505.50 mm	500.75 mm	-----
DIÁMETRO PROMEDIO		15.13 cm	15.30 cm	15.23 cm	15.23 cm	15.38 cm	15.23 cm	-----
PESO		26.56 Kg	27.65 Kg	26.85 Kg	27.05 Kg	27.50 Kg	26.95 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	-----
PESO UNITARIO C° END.		2312.7 Kg/m ³	2315.6 Kg/m ³	2312.1 Kg/m ³	2324.5 Kg/m ³	2300.9 Kg/m ³	2320.9 Kg/m ³	2314.5 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA		2975.00 Tn	3120.00 Tn	3005.00 Tn	3056.00 Tn	3150.00 Tn	2998.00 Tn	3050.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		38.8 Kg/cm ²	40.1 Kg/cm ²	38.4 Kg/cm ²	39.1 Kg/cm ²	39.5 Kg/cm ²	38.3 Kg/cm ²	39.01 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	0.94 mm	0.80 mm	0.89 mm	1.12 mm	0.89 mm	1.20 mm	0.97 mm
	LONG.	115.68 mm	117.52 mm	124.30 mm	119.27 mm	130.05 mm	109.52 mm	119.39 mm

Tabla N° 112: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 07 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06		-----
EDAD DE ENSAYO	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días		-----
ALTURA PROMEDIO	502.75 mm	501.50 mm	501.00 mm	502.75 mm	501.50 mm	501.00 mm		-----
DIÁMETRO PROMEDIO	15.06 cm	15.14 cm	15.16 cm	15.06 cm	15.14 cm	15.16 cm		-----
PESO	26.00 Kg	26.51 Kg	26.32 Kg	26.00 Kg	26.35 Kg	26.32 Kg		-----
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²		-----
PESO UNITARIO C° END.	2281.1 Kg/m ³	2305.6 Kg/m ³	2287.0 Kg/m ³	2281.1 Kg/m ³	2291.7 Kg/m ³	2287.0 Kg/m ³		2288.9 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA	2393.00 Tn	2245.00 Tn	2350.00 Tn	2396.00 Tn	2385.00 Tn	2405.00 Tn		2362.33 Tn
ESFUERZO DE ROTURA	31.7 Kg/cm ²	29.2 Kg/cm ²	30.4 Kg/cm ²	31.8 Kg/cm ²	31.0 Kg/cm ²	31.2 Kg/cm ²		30.89 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	1.00 mm	0.99 mm	1.01 mm	1.48 mm	0.89 mm	0.72 mm	1.02 mm
	LONG.	135.89 mm	128.76 mm	128.76 mm	109.50 mm	116.62 mm	148.59 mm	128.02 mm

Tabla N° 113: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 14 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06		-----
EDAD DE ENSAYO	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días		-----
ALTURA PROMEDIO	500.00 mm	501.25 mm	498.75 mm	500.00 mm	499.00 mm	499.25 mm		-----
DIÁMETRO PROMEDIO	15.02 cm	15.20 cm	15.06 cm	15.09 cm	15.20 cm	15.17 cm		-----
PESO	25.71 Kg	26.54 Kg	25.65 Kg	25.82 Kg	26.40 Kg	26.45 Kg		-----
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²		-----
PESO UNITARIO C° END.	2279.2 Kg/m ³	2292.5 Kg/m ³	2268.5 Kg/m ³	2267.1 Kg/m ³	2290.7 Kg/m ³	2302.0 Kg/m ³		2283.3 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA	2948.00 Tn	3110.00 Tn	3075.00 Tn	2995.00 Tn	2896.00 Tn	3142.00 Tn		3027.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA	39.1 Kg/cm ²	40.0 Kg/cm ²	40.4 Kg/cm ²	39.2 Kg/cm ²	37.0 Kg/cm ²	40.4 Kg/cm ²		39.37 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	0.81 mm	0.62 mm	0.78 mm	0.89 mm	0.57 mm	0.73 mm	0.73 mm
	LONG.	116.65 mm	141.23 mm	120.56 mm	109.85 mm	139.85 mm	123.36 mm	125.25 mm

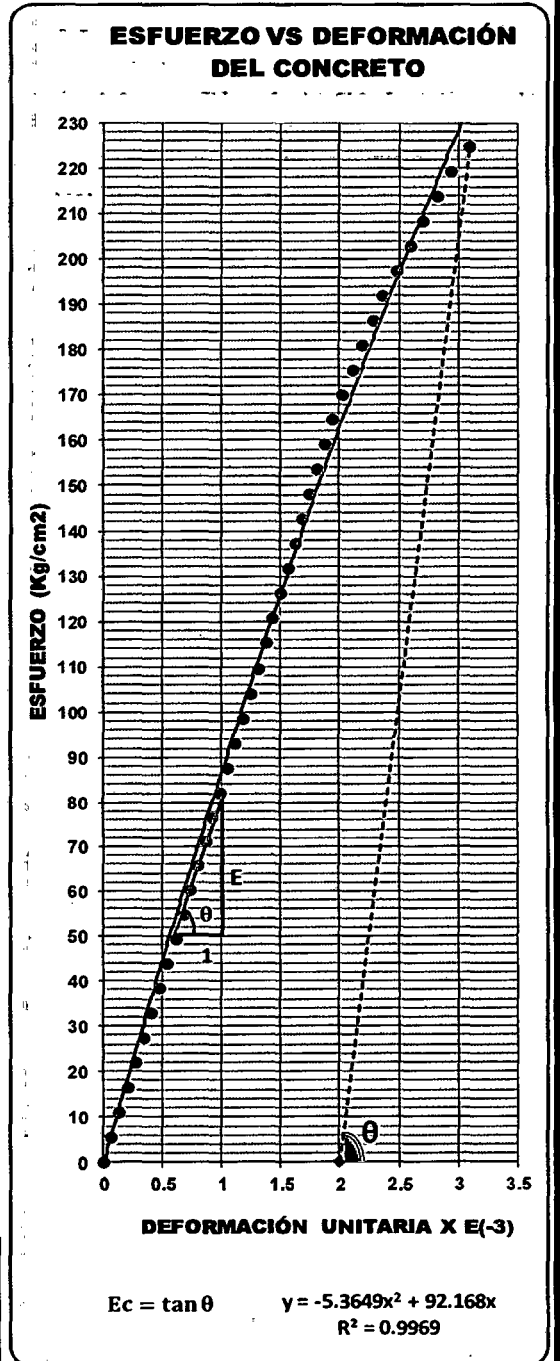
Tabla N° 114: Especímenes de concreto prismático ensayados a flexión a los 28 días con 0.50 % de fibra adicionada.

DATOS DEL ESPECÍMEN		ESPECÍMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	0.50 % FIBRA	-----
TIPO DE ESPECÍMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECÍMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06		-----
EDAD DE ENSAYO	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días		-----
ALTURA PROMEDIO	501.25 mm	500.00 mm	499.75 mm	499.75 mm	501.25 mm	500.00 mm		-----
DIÁMETRO PROMEDIO	15.24 cm	15.15 cm	15.24 cm	15.24 cm	15.17 cm	15.23 cm		-----
PESO	26.54 Kg	25.96 Kg	26.69 Kg	26.50 Kg	25.98 Kg	26.62 Kg		-----
F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²		-----
PESO UNITARIO C° END.	2278.5 Kg/m ³	2261.9 Kg/m ³	2300.9 Kg/m ³	2284.5 Kg/m ³	2252.5 Kg/m ³	2296.6 Kg/m ³		2279.1 Kg/m³
CARGA MÁX. DE ROTURA	3562.00 Tn	3480.00 Tn	3660.00 Tn	3395.00 Tn	3475.00 Tn	3545.00 Tn		3519.50 Tn
ESFUERZO DE ROTURA	45.4 Kg/cm ²	45.0 Kg/cm ²	46.5 Kg/cm ²	43.2 Kg/cm ²	44.9 Kg/cm ²	45.2 Kg/cm ²		45.04 Kg/cm²
FISURACIÓN DE LA PROBETA	ANCHO	0.62 mm	0.79 mm	0.64 mm	0.71 mm	1.02 mm	0.82 mm	0.77 mm
	LONG.	108.22 mm	87.97 mm	125.62 mm	114.56 mm	92.55 mm	90.23 mm	103.19 mm

7.11. ANEXO XI: GRÁFICOS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETOS ENSAYADOS.

ENSAYO DE RESISTENCIA A	COMPRESIÓN	FALLA DE ROTURA	TIPO - 5
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN (0% FIBRA)	ALTURA PROM. PROBETA	303.00 mm
ESPECIMEN N°	01	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	182.24 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN	28.NOV.2014	PESO DE LA PROBETA	13.13 Kg
FECHA DE ENSAYO	26.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
EDAD	28 días	PESO UNITARIO C° END.	2376.90 Kg/m ³
		CARGA ULTIMA DE ROTURA	41.00 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT.x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.020	0.067	5.487
2000	0.041	0.134	10.974
3000	0.061	0.201	16.462
4000	0.081	0.267	21.949
5000	0.101	0.334	27.436
6000	0.122	0.403	32.923
7000	0.143	0.471	38.411
8000	0.163	0.539	43.898
9000	0.184	0.608	49.385
10000	0.205	0.676	54.872
11000	0.223	0.737	60.360
12000	0.242	0.799	65.847
13000	0.261	0.861	71.334
14000	0.279	0.922	76.821
15000	0.298	0.984	82.309
16000	0.318	1.049	87.796
17000	0.338	1.114	93.283
18000	0.357	1.179	98.770
19000	0.377	1.244	104.257
20000	0.397	1.309	109.745
21000	0.416	1.372	115.232
22000	0.435	1.434	120.719
23000	0.453	1.496	126.206
24000	0.472	1.559	131.694
25000	0.491	1.621	137.181
26000	0.510	1.684	142.668
27000	0.529	1.747	148.155
28000	0.549	1.810	153.643
29000	0.568	1.873	159.130
30000	0.587	1.937	164.617
31000	0.613	2.022	170.104
32000	0.638	2.107	175.591
33000	0.664	2.192	181.079
34000	0.690	2.278	186.566
35000	0.716	2.363	192.053
36000	0.751	2.478	197.540
37000	0.786	2.593	203.028
38000	0.821	2.708	208.515
39000	0.855	2.823	214.002
40000	0.890	2.938	219.489
41000	0.939	3.100	224.977



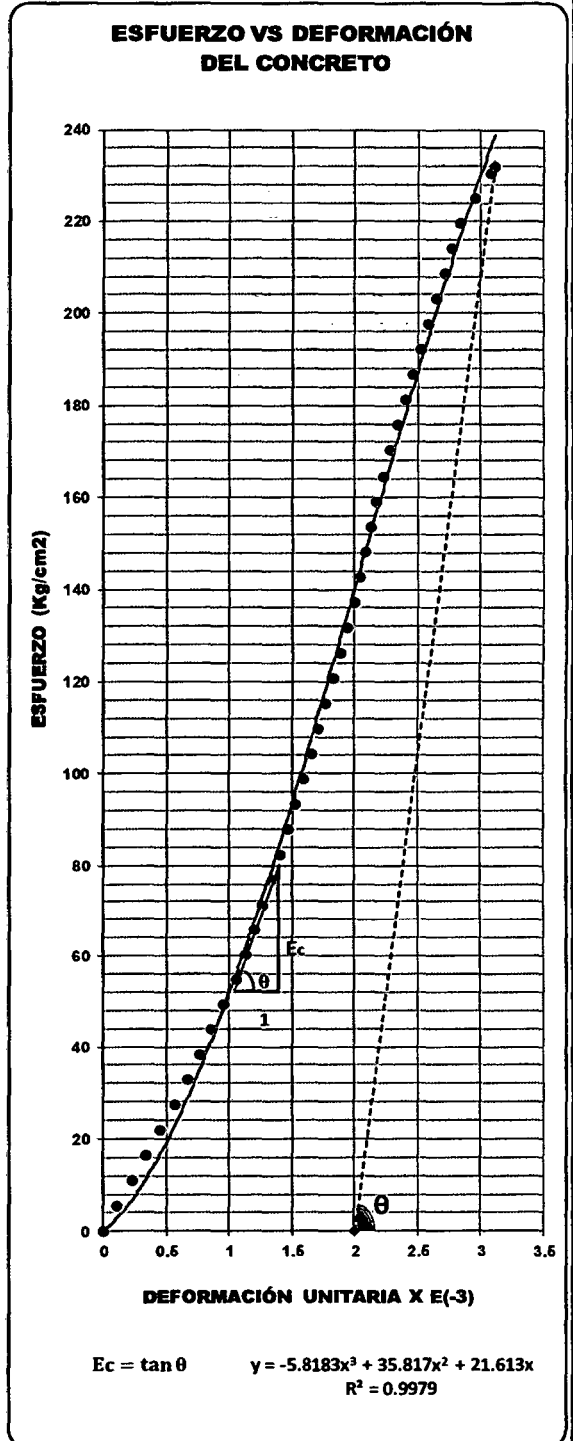
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = -5.3649X ² +92.168X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9969	
Esf. De Rotura	224.98 Kg/cm ²	
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E.060	225192.48 Kg/cm ²
	ACI 363R	229480.42 Kg/cm ²
	Gráfica	204525.52 Kg/cm ²

2	0
3.100	224.977

ENSAYO DE RESISTENCIA A	COMPRESIÓN	FALLA DE ROTURA	TIPO - 5
TIPO DE CONCRETO	0.125% DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	303.25 mm
ESPECIMEN N°	02	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	182.06 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN	12.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	12.81 Kg
FECHA DE ENSAYO	09.ENE.2015	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
EDAD	28 días	PESO UNITARIO C° END.	2320.22 Kg/m ³
		CARGA ULTIMA DE ROTURA	42.25 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.034	0.114	6.493
2000	0.069	0.227	10.986
3000	0.103	0.341	16.478
4000	0.138	0.454	21.971
6000	0.172	0.568	27.463
6000	0.202	0.666	32.956
7000	0.232	0.764	38.448
8000	0.261	0.862	43.941
9000	0.291	0.960	49.434
10000	0.321	1.058	54.926
11000	0.342	1.128	60.419
12000	0.363	1.198	66.912
13000	0.384	1.268	71.404
14000	0.406	1.337	76.897
15000	0.427	1.407	82.390
16000	0.445	1.469	87.882
17000	0.464	1.531	93.376
18000	0.483	1.593	98.868
19000	0.502	1.655	104.360
20000	0.521	1.717	109.853
21000	0.538	1.773	116.346
22000	0.555	1.830	120.838
23000	0.572	1.887	126.331
24000	0.589	1.944	131.823
25000	0.607	2.001	137.316
26000	0.620	2.046	142.809
27000	0.634	2.090	148.301
28000	0.648	2.135	153.794
29000	0.661	2.180	169.287
30000	0.676	2.225	164.779
31000	0.693	2.285	170.272
32000	0.711	2.345	176.766
33000	0.729	2.404	181.267
34000	0.747	2.464	186.760
36000	0.766	2.523	192.242
36000	0.784	2.585	197.736
37000	0.803	2.647	203.228
38000	0.822	2.709	208.720
39000	0.840	2.771	214.213
40000	0.869	2.833	219.706
41000	0.897	2.957	226.198
42000	0.934	3.081	230.691
42260	0.944	3.112	232.064

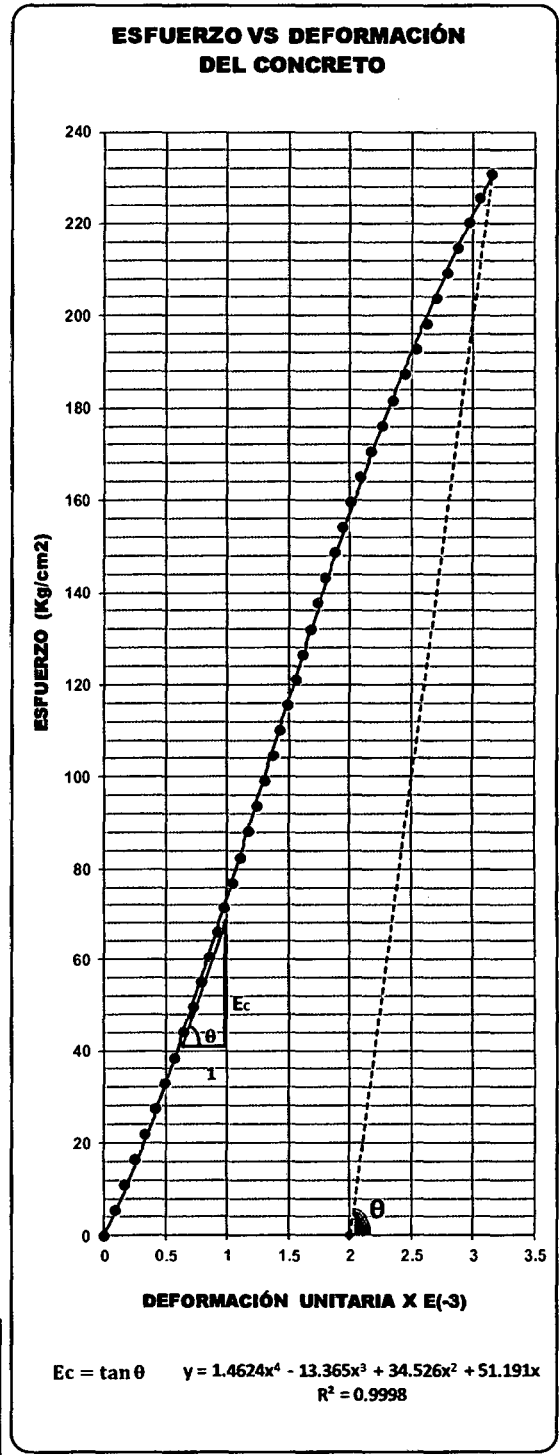
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Ecuación corregida	$Esf = -5.8183X^2 + 35.817X^2 + 21.613X$
Coef. de Correlación	$R^2 = 0.9979$
Esf. De Rotura	232.06 Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E.060 228712.13 Kg/cm ²
	ACI 363R 231966.64 Kg/cm ²
	Gráfica 208690.83 Kg/cm ²



2	0
3.112	232.064

ENSAYO DE RESISTENCIA A	COMPRESIÓN	FALLA DE ROTURA	TIPO - 4
TIPO DE CONCRETO	0.25% DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	302.50 mm
ESPECIMEN N°	03	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.20 cm
TIPO DE CEMENTO	PÁCASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	181.54 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.77 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	11.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	08.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2325.35 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ULTIMA DE ROTURA	41.95 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.025	0.083	5.508
2000	0.050	0.166	11.017
3000	0.076	0.250	16.525
4000	0.101	0.333	22.033
5000	0.126	0.416	27.542
6000	0.149	0.492	33.050
7000	0.172	0.568	38.559
8000	0.195	0.644	44.067
9000	0.218	0.720	49.575
10000	0.241	0.796	55.084
11000	0.260	0.858	60.592
12000	0.278	0.920	66.100
13000	0.297	0.982	71.609
14000	0.316	1.044	77.117
15000	0.335	1.106	82.626
16000	0.354	1.171	88.134
17000	0.374	1.237	93.642
18000	0.394	1.303	99.151
19000	0.414	1.368	104.659
20000	0.434	1.434	110.167
21000	0.452	1.495	115.676
22000	0.470	1.555	121.184
23000	0.489	1.616	126.692
24000	0.507	1.677	132.201
25000	0.526	1.738	137.709
26000	0.547	1.807	143.218
27000	0.568	1.877	148.726
28000	0.589	1.946	154.234
29000	0.610	2.016	159.743
30000	0.631	2.085	165.251
31000	0.658	2.175	170.759
32000	0.685	2.265	176.268
33000	0.713	2.356	181.776
34000	0.740	2.446	187.285
35000	0.767	2.536	192.793
36000	0.793	2.621	198.301
37000	0.819	2.706	203.810
38000	0.844	2.792	209.318
39000	0.870	2.877	214.826
40000	0.896	2.962	220.335
41000	0.924	3.054	225.843
41950	0.955	3.157	231.076



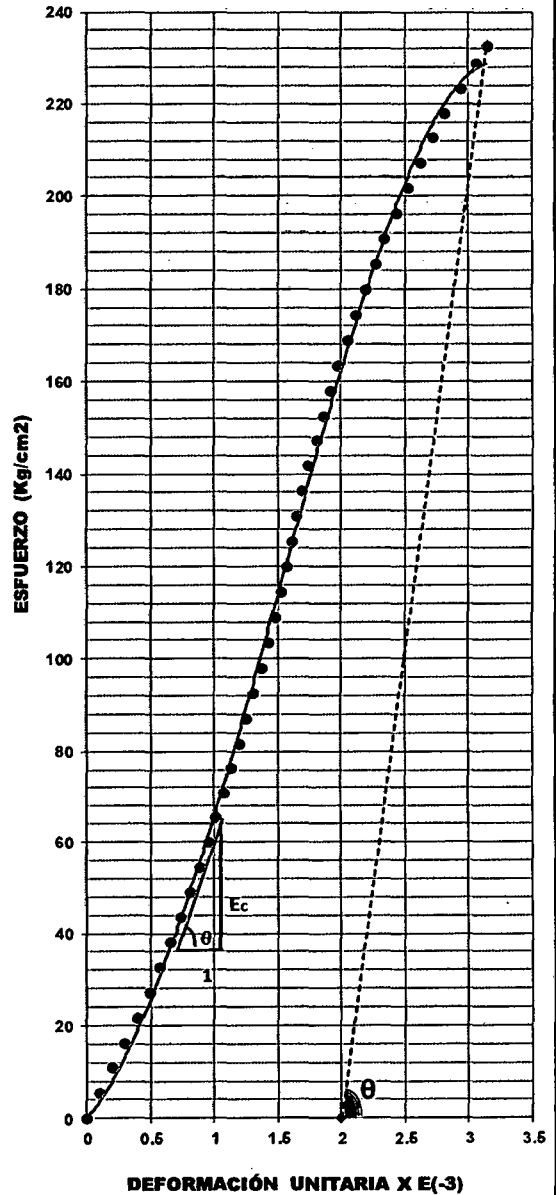
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 1.46X ⁴ -13.37X ³ +34.53X ² +51.19X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9998	
Esf. De Rotura	231.08 Kg/cm ²	
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E.060	228224.72 Kg/cm ²
	ACI 363R	231622.34 Kg/cm ²
	Gráfica	199720.00 Kg/cm ²

2	0
3.157	231.076

ENSAYO DE RESISTENCIA A	COMPRESIÓN	FALLA DE ROTURA	TIPO - 6
TIPO DE CONCRETO	0.50 % DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	300.00 mm
ESPECIMEN N°	04	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.28 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	183.40 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.60 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	11.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	08.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2290.03 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ULTIMA DE ROTURA	42.65 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.030	0.099	6.452
2000	0.059	0.198	10.905
3000	0.089	0.297	16.367
4000	0.119	0.396	21.810
5000	0.148	0.495	27.262
6000	0.172	0.575	32.715
7000	0.196	0.654	38.167
8000	0.220	0.734	43.620
9000	0.244	0.813	49.072
10000	0.268	0.893	54.525
11000	0.286	0.954	59.977
12000	0.304	1.015	65.430
13000	0.323	1.076	70.882
14000	0.341	1.137	76.334
16000	0.369	1.198	81.787
16000	0.377	1.255	87.239
17000	0.394	1.313	92.692
18000	0.411	1.370	98.144
19000	0.428	1.428	103.597
20000	0.446	1.485	109.049
21000	0.458	1.527	114.502
22000	0.470	1.568	119.954
23000	0.483	1.610	125.407
24000	0.495	1.651	130.869
25000	0.508	1.693	136.311
26000	0.525	1.750	141.764
27000	0.542	1.808	147.216
28000	0.560	1.865	152.669
29000	0.577	1.922	158.121
30000	0.594	1.980	163.574
31000	0.616	2.052	169.026
32000	0.637	2.124	174.479
33000	0.659	2.197	179.931
34000	0.681	2.269	185.384
36000	0.702	2.341	190.836
36000	0.731	2.436	196.289
37000	0.760	2.532	201.741
38000	0.788	2.627	207.193
39000	0.817	2.722	212.646
40000	0.846	2.817	218.098
41000	0.883	2.944	223.551
42000	0.921	3.070	229.003
42650	0.946	3.152	232.547

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$$E_c = \tan \theta \quad y = -0.4453x^4 - 7.7243x^3 + 41.537x^2 + 32.381x \quad R^2 = 0.9989$$

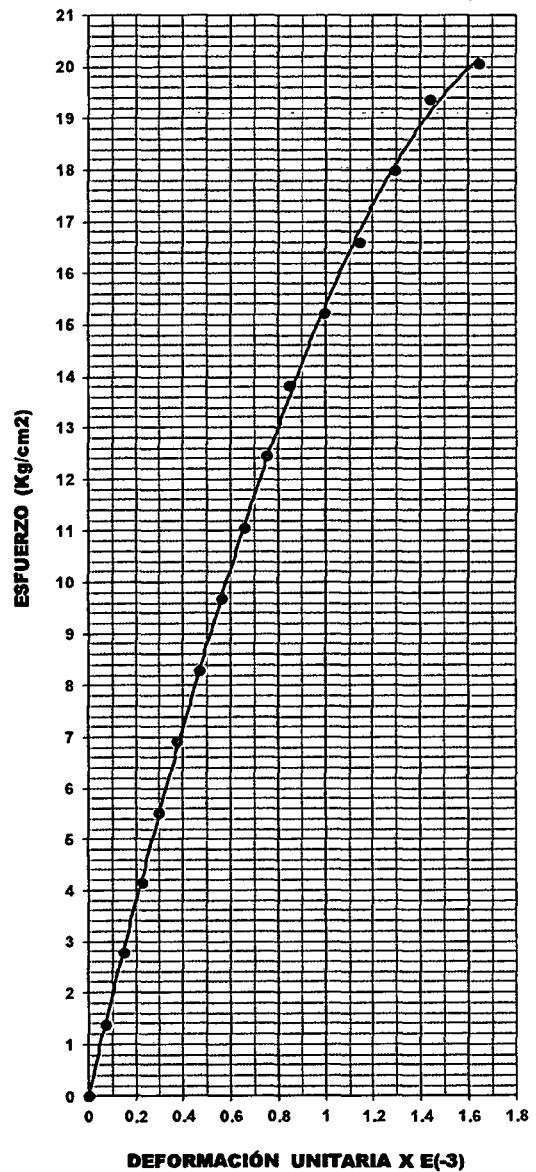
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = -0.44X ⁴ -7.72X ³ +41.53X ² +32.38X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9989	
Esf. De Rotura	232.55 Kg/cm ²	
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E.060	228950.14 Kg/cm ²
	ACI 363R	232134.77 Kg/cm ²
	Gráfica	201864.02 Kg/cm ²

2	0
3.152	232.547

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN (0% FIBRA)	ALTURA PROM. PROBETA	302.00 mm
ESPECIMEN N°	03	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	182.13 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	13.02 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	28.NOV.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	26.DIC.2014	PESO UNITARIO C° END.	2366.18 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ULTIMA DE ROTURA	14.50 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.023	0.075	1.384
2000	0.045	0.150	2.769
3000	0.068	0.225	4.163
4000	0.090	0.299	5.637
5000	0.113	0.374	6.921
6000	0.142	0.469	8.306
7000	0.170	0.564	9.690
8000	0.199	0.658	11.074
9000	0.227	0.753	12.468
10000	0.266	0.848	13.843
11000	0.301	0.995	15.227
12000	0.345	1.142	16.611
13000	0.390	1.290	17.996
14000	0.434	1.437	19.380
14500	0.497	1.646	20.072

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$$E_c = \tan \theta \quad y = -0.1041x^4 - 0.0385x^3 - 4.1862x^2 + 19.703x$$

$$R^2 = 0.9996$$

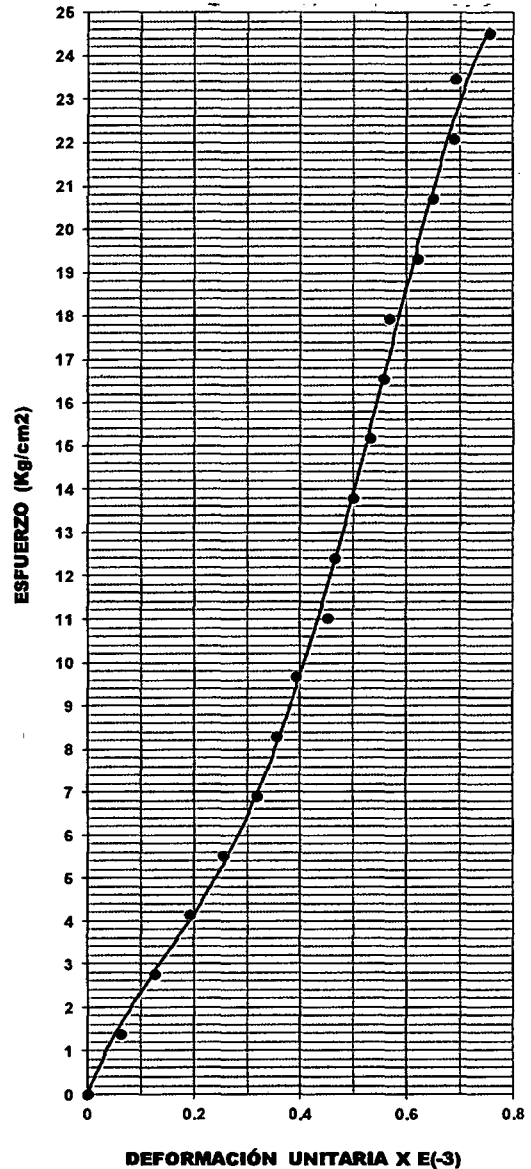
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = -0.10X4-0.038X3-4.18X+19.70X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9996	
Esf. De Rotura	20.07 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.82 cm
	Longitud Transv.	148.71 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	0.125 % DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	303.00 mm
ESPECIMEN N°	04	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.22 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	181.91 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.81 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	12.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	09.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2323.21 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ULTIMA DE ROTURA	17.75 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.019	0.064	1.381
2000	0.039	0.128	2.761
3000	0.058	0.192	4.142
4000	0.078	0.256	5.522
5000	0.097	0.320	6.903
6000	0.108	0.356	8.283
7000	0.119	0.393	9.664
8000	0.137	0.452	11.045
9000	0.141	0.465	12.426
10000	0.162	0.502	13.806
11000	0.161	0.532	16.186
12000	0.169	0.558	16.567
13000	0.172	0.568	17.947
14000	0.188	0.622	19.328
16000	0.198	0.652	20.709
16000	0.209	0.690	22.089
17000	0.210	0.693	23.470
17750	0.229	0.756	24.850

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$$E_c = \tan \theta \quad y = -199.79x^4 + 283.16x^3 - 97.133x^2 + 30.513x$$

$$R^2 = 0.9976$$

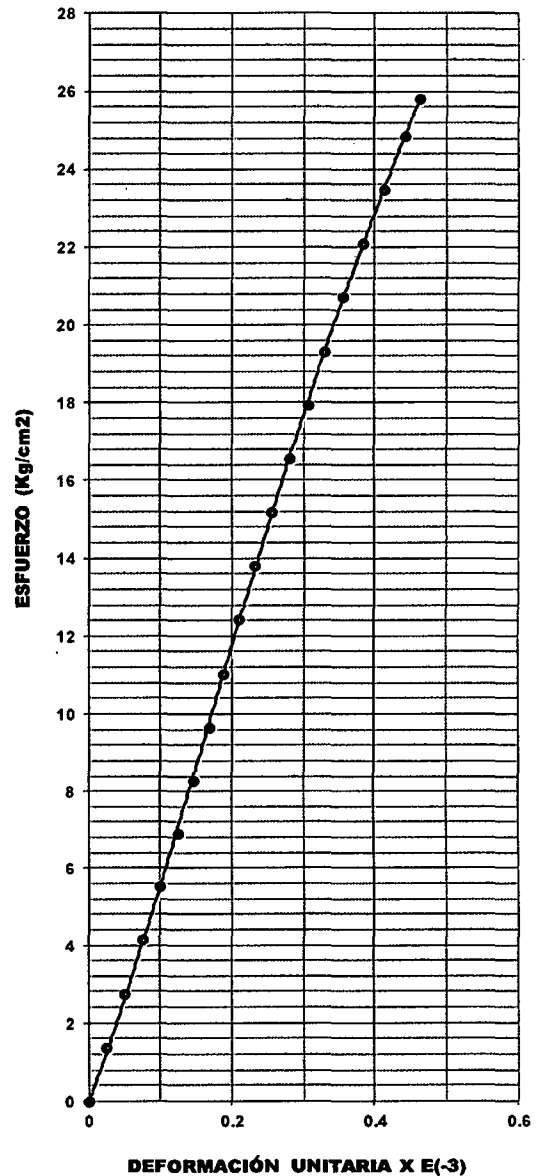
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Ecuación corregida	Esf = -199.79X ⁴ +283.16X ³ -97.13X ² +30.51X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9976	
Esf. De Rotura	24.51 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.49 mm
	Longitud Transv.	144.22 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	0.25% DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	303.75 mm
ESPECIMEN N°	05	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.18 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	180.92 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.71 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	11.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	08.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2311.89 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ULTIMA DE ROTURA	18.70 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.008	0.025	1.381
2000	0.015	0.050	2.762
3000	0.023	0.075	4.143
4000	0.030	0.100	5.524
5000	0.038	0.125	6.906
6000	0.044	0.146	8.286
7000	0.051	0.167	9.666
8000	0.057	0.188	11.047
9000	0.064	0.209	12.428
10000	0.070	0.230	13.809
11000	0.078	0.255	15.190
12000	0.085	0.280	16.571
13000	0.093	0.306	17.952
14000	0.100	0.331	19.333
15000	0.108	0.356	20.714
16000	0.117	0.384	22.094
17000	0.125	0.413	23.475
18000	0.134	0.442	24.856
18700	0.140	0.462	25.823

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



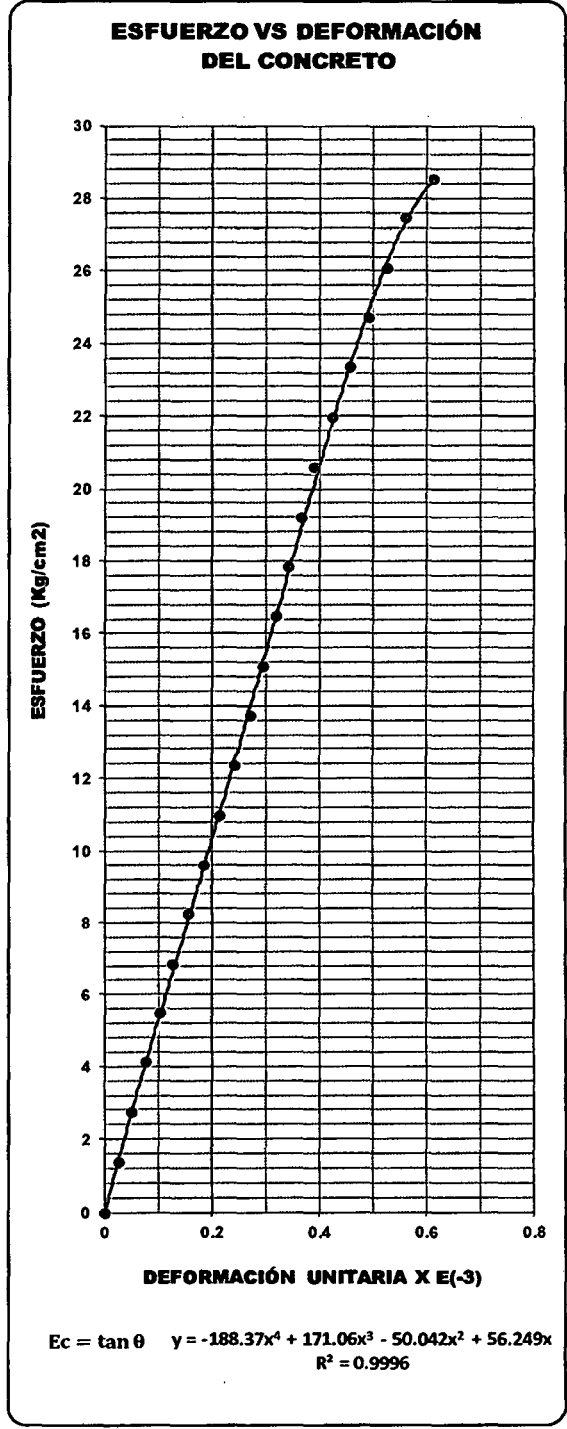
$E_c = \tan \theta$

$$y = 228.55x^4 - 298.47x^3 + 106.94x^2 + 47.584x$$
 $R^2 = 0.9999$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	$Esf = 228.55X^4 - 298.47X^3 + 106.94X^2 + 47.584X$	
Coef. de Correlación	$R^2 = 0.9999$	
Esf. De Rotura	25.82 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	0.97 mm
	Longitud Transv.	125.56 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	0.50% DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	304.25 mm
ESPECIMEN N°	06	DIAMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	182.27 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.63 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	11.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	08.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2276.66 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ULTIMA DE ROTURA	20.80 Tn

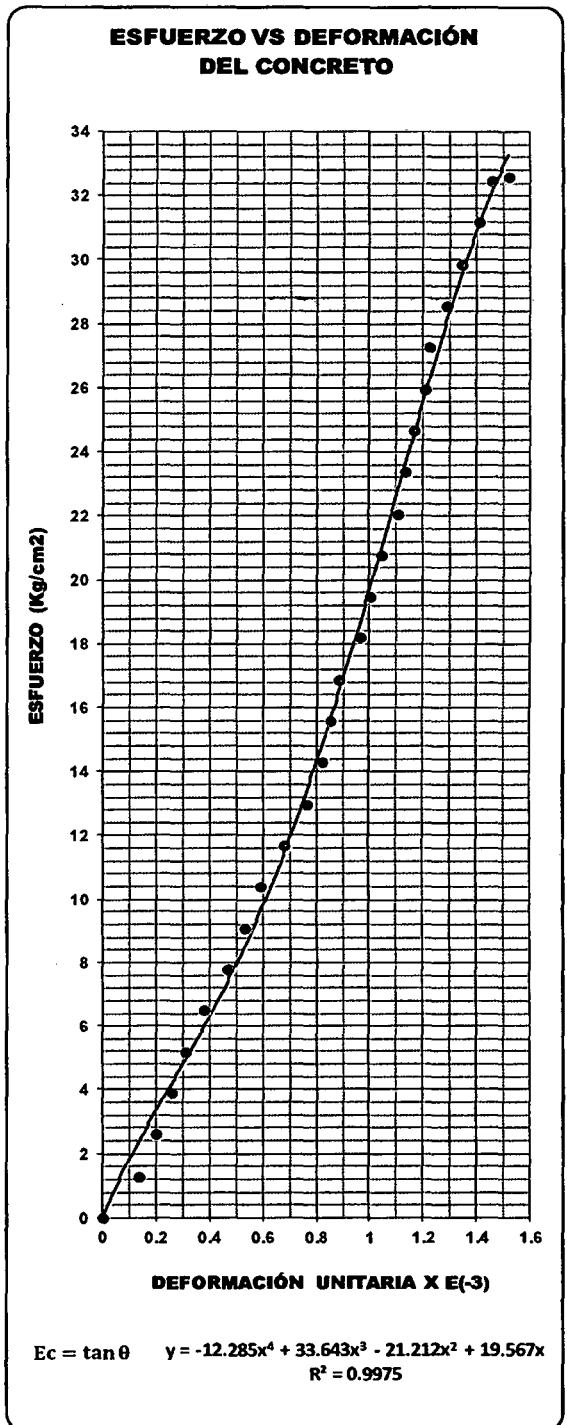
PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
1000	0.008	0.026	1.374
2000	0.016	0.051	2.747
3000	0.023	0.077	4.121
4000	0.031	0.103	5.494
5000	0.039	0.128	6.868
6000	0.048	0.157	8.241
7000	0.057	0.186	9.615
8000	0.065	0.215	10.988
9000	0.074	0.244	12.362
10000	0.083	0.273	13.736
11000	0.090	0.296	15.109
12000	0.097	0.320	16.483
13000	0.105	0.344	17.856
14000	0.112	0.367	19.230
15000	0.119	0.391	20.603
16000	0.129	0.425	21.977
17000	0.140	0.459	23.350
18000	0.150	0.494	24.724
19000	0.161	0.528	26.097
20000	0.171	0.562	27.471
20800	0.187	0.615	28.570



CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = -188.37X ⁴ + 171.06X ³ - 50.04X ² + 56.24X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9996	
Esf. De Rotura	28.57 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.03 mm
	Longitud Transv.	111.04 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN (0% FIBRA)	ALTURA PROM. PROBETA	497.50 mm
ESPECIMEN N°	01	ARISTA PROM. PROBETA	15.10 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	228.14 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN	10.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	26.45 Kg
FECHA DE ENSAYO	07.ENE.2015	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
EDAD	28 días	PESO UNITARIO C° END.	2330.42 Kg/m ³
		CARGA ULTIMA DE ROTURA	2510 Kg

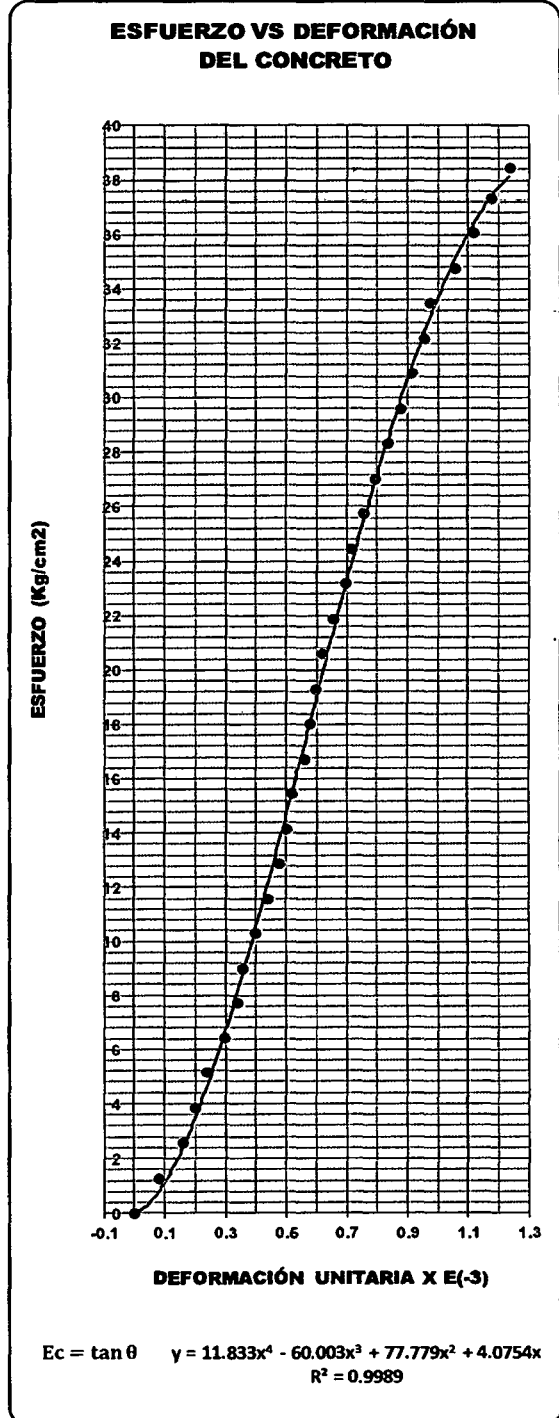
PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
100	0.070	0.141	1.299
200	0.100	0.201	2.697
300	0.130	0.261	3.896
400	0.155	0.312	5.195
500	0.190	0.382	6.493
600	0.235	0.472	7.792
700	0.265	0.533	9.091
800	0.295	0.593	10.389
900	0.340	0.683	11.688
1000	0.380	0.764	12.987
1100	0.410	0.824	14.286
1200	0.425	0.854	15.584
1300	0.440	0.884	16.883
1400	0.480	0.965	18.181
1500	0.500	1.005	19.480
1600	0.520	1.045	20.779
1700	0.550	1.106	22.077
1800	0.565	1.136	23.376
1900	0.580	1.166	24.675
2000	0.600	1.206	25.973
2100	0.610	1.226	27.272
2200	0.640	1.286	28.571
2300	0.670	1.347	29.869
2400	0.700	1.407	31.168
2500	0.725	1.457	32.467
2510	0.765	1.518	32.696



CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = -12.28X ⁴ +33.64X ³ -21.21X ² +19.56X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9975	
Esf. De Rotura	32.60 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	2.56 mm
	Longitud	148.51 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	0.125 % DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	502.25 mm
ESPECIMEN N°	02	ARISTA PROM. PROBETA	15.20 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	231.00 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN	11.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	27.21 Kg
FECHA DE ENSAYO	08.ENE.2015	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
EDAD	28 días	PESO UNITARIO C° END.	2345.27 Kg/m ³
		CARGA ULTIMA DE ROTURA	2985 Kg

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
100	0.040	0.080	1.288
200	0.080	0.159	2.676
300	0.100	0.199	3.864
400	0.120	0.239	5.162
500	0.160	0.299	6.441
600	0.170	0.338	7.729
700	0.180	0.358	9.017
800	0.200	0.398	10.306
900	0.220	0.438	11.693
1000	0.240	0.478	12.881
1100	0.250	0.498	14.169
1200	0.260	0.518	15.457
1300	0.280	0.557	16.746
1400	0.290	0.577	18.034
1500	0.300	0.597	19.322
1600	0.310	0.617	20.610
1700	0.330	0.657	21.898
1800	0.350	0.697	23.186
1900	0.360	0.717	24.474
2000	0.380	0.757	25.762
2100	0.400	0.796	27.050
2200	0.420	0.836	28.339
2300	0.440	0.876	29.627
2400	0.460	0.916	30.915
2500	0.480	0.956	32.203
2600	0.490	0.976	33.491
2700	0.530	1.055	34.779
2800	0.560	1.115	36.067
2900	0.590	1.175	37.355
2985	0.620	1.234	38.460

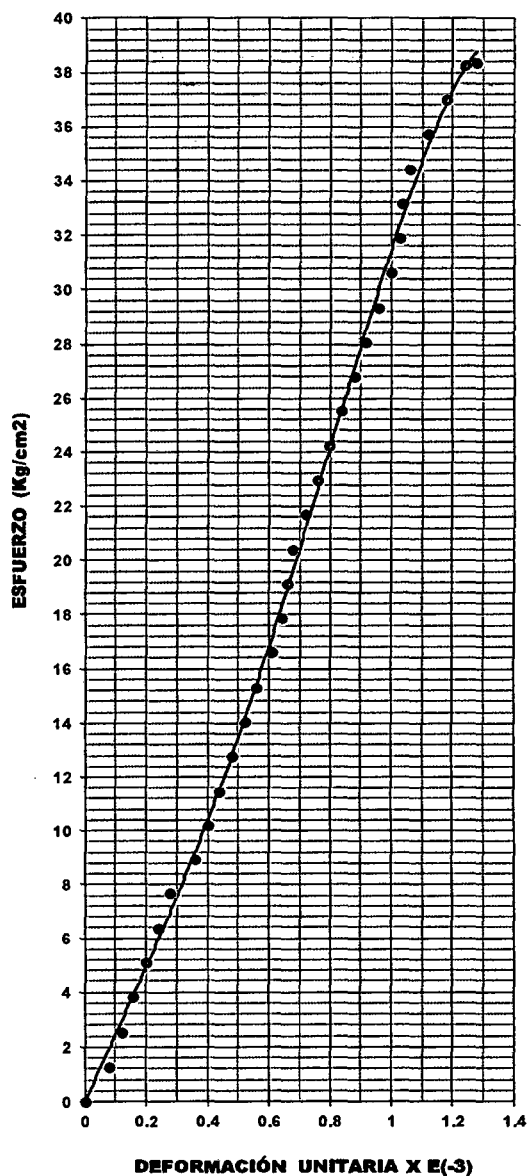


CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 11.83X4-60.00X3+77.77X2+4.07X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9989	
Esf. De Rotura	38.45 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.49 mm
	Longitud	123.54 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	0.25 % DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	500.75 mm
ESPECIMEN N°	03	ARISTA PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	231.91 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN	12.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	26.85 Kg
FECHA DE ENSAYO	09.ENE.2015	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
EDAD	28 días	PESO UNITARIO C° END.	2312.11 Kg/m ³
		CARGA ULTIMA DE ROTURA	3005 Kg

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
100	0.040	0.080	1.276
200	0.060	0.120	2.663
300	0.080	0.160	3.829
400	0.100	0.200	5.106
500	0.120	0.240	6.382
600	0.140	0.280	7.668
700	0.180	0.359	8.934
800	0.200	0.399	10.211
900	0.220	0.439	11.487
1000	0.240	0.479	12.763
1100	0.260	0.519	14.040
1200	0.280	0.559	15.316
1300	0.305	0.609	16.692
1400	0.320	0.639	17.869
1500	0.330	0.659	19.146
1600	0.340	0.679	20.421
1700	0.360	0.719	21.698
1800	0.380	0.759	22.974
1900	0.400	0.799	24.250
2000	0.420	0.839	25.627
2100	0.440	0.879	26.803
2200	0.460	0.919	28.079
2300	0.480	0.959	29.356
2400	0.500	0.999	30.632
2500	0.516	1.028	31.908
2600	0.520	1.038	33.186
2700	0.530	1.058	34.461
2800	0.560	1.118	36.737
2900	0.590	1.178	37.014
3000	0.620	1.238	38.290
3005	0.640	1.278	38.364

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$$E_c = \tan \theta \quad y = -17.256x^4 + 31.166x^3 - 7.5256x^2 + 25.088x$$

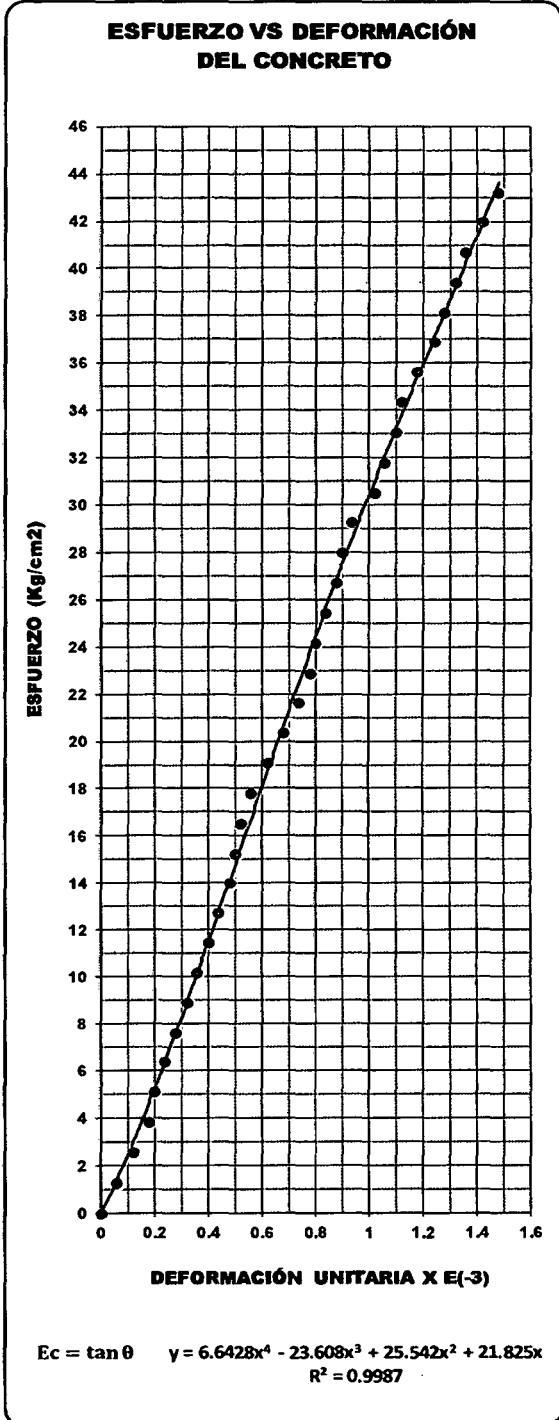
$$R^2 = 0.9985$$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Ecuación corregida	Esf = -17.25X ⁴ +31.16X ³ -7.52X ² +25.08X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9985	
Esf. De Rotura	38.35 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	0.89 mm
	Longitud	124.30 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	0.50% DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	499.75 mm
ESPECIMEN N°	04	ARISTA PROM. PROBETA	15.24 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	232.11 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	26.50 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	12.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	09.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2284.51 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ULTIMA DE ROTURA	3395 Kg

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN			
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000
100	0.030	0.060	1.272
200	0.060	0.120	2.544
300	0.090	0.180	3.816
400	0.100	0.200	6.087
500	0.120	0.240	6.369
600	0.140	0.280	7.631
700	0.160	0.320	8.903
800	0.180	0.360	10.174
900	0.200	0.400	11.446
1000	0.220	0.440	12.718
1100	0.240	0.480	13.990
1200	0.250	0.500	16.262
1300	0.260	0.520	16.534
1400	0.280	0.560	17.806
1500	0.310	0.620	19.077
1600	0.340	0.680	20.349
1700	0.370	0.740	21.621
1800	0.390	0.780	22.893
1900	0.400	0.800	24.164
2000	0.420	0.840	26.436
2100	0.440	0.880	26.708
2200	0.450	0.900	27.980
2300	0.470	0.940	29.252
2400	0.510	1.021	30.523
2500	0.530	1.061	31.796
2600	0.550	1.101	33.067
2700	0.560	1.121	34.339
2800	0.590	1.181	36.611
2900	0.620	1.241	36.883
3000	0.640	1.281	38.154
3100	0.660	1.321	39.426
3200	0.680	1.361	40.698
3300	0.710	1.421	41.970
3395	0.740	1.481	43.178



CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 6.64X ⁴ -23.60X ³ +25.54X ² +21.82X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9987	
Esf. De Rotura	43.18 Kg/cm ²	
Fisura de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	0.71 mm
	Longitud	114.56 mm

7.12. ANEXO XII: ANÁLISIS DE COSTOS.

Tabla N° 115: Precio de los materiales de la mezcla en el mercado.

DESCRIPCIÓN	PRECIOS DE MERCADO	PRECIOS TRANSFORMADOS
CEMENTO	22.50 Soles/Bolsa	0.53 Soles/Kg
AGUA	5.52 Soles/m3	0.0055 Soles/Lt
AGREGADO FINO	60.0 Soles/m3	0.0362 Soles/Kg
AGREGADO GRUESO	60.0 Soles/m3	0.0411 Soles/Kg
FIBRA DE VIDRIO	5.0 Soles/Kg	5.0 Soles/Kg

Tabla N° 116: Análisis de precios unitarios de todos los porcentajes de fibra de vidrio utilizados.

PARTIDA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²					
Especificaciones		Concreto de 210 Kg/cm ² para un vaciado de losa			
ADICIÓN: CONCRETO PATRÓN (0% DE FIBRA DE VIDRIO)					
Cuadrilla		Rendimiento		Costo Unitario (C.U.)	S/. 268.25
Preparación y vaciado: 0.3 capataz + 3 operarios + 2 oficiales +11peones		25.00	m3/día		
DESCRIPCIÓN/RECURSO	Unidad	Cantidad		Precio	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					63.56
Capataz	hh	0.096		19.57	1.88
Operario	hh	0.960		15.05	14.45
Oficial	hh	0.640		12.47	7.98
Peón	hh	3.520		11.15	39.25
MATERIALES					190.79
Cemento Pacasmayo Tipo I (42.5Kg)	Bolsas	5.529		22.50	124.40
Agregado Fino de río	m3	0.604		55.00	33.22
Agregado Grueso de río	m3	0.600		55.00	33.00
Agua	m3	0.165		1.00	0.17
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					13.91
Herramientas manuales 3% M. Obra	%MO	0.030		63.56	1.91
Vibrador de concreto 1.25", 4 HP	hm	0.571		3.30	1.89
Mezcladora de concreto 9 - 11 P3	hm	0.571		17.70	10.11
ADICIÓN: 0.125% DE FIBRA DE VIDRIO					
Cuadrilla		Rendimiento		Costo Unitario (C.U.)	S/. 283.36
Preparación y vaciado: 0.3 capataz + 3 operarios + 2 oficiales +11peones		25.00	m3/día		
DESCRIPCIÓN/RECURSO	Unidad	Cantidad		Precio	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					63.56
Capataz	hh	0.096		19.57	1.88
Operario	hh	0.960		15.05	14.45
Oficial	hh	0.640		12.47	7.98
Peón	hh	3.520		11.15	39.25
MATERIALES					205.90
Cemento Pacasmayo Tipo I (42.5Kg)	Bolsas	5.529		22.50	124.40
Agregado Fino de río	m3	0.584		55.00	32.12

Agregado Grueso de río	m3	0.622	55.00	34.21	
Fibra de vidrio	Kg	3.000	5.00	15.00	
Agua	m3	0.166	1.00	0.17	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				13.91	
Herramientas manuales 3% M. Obra	%MO	0.030	63.56	1.91	
Vibrador de concreto 1.25", 4 HP	hm	0.571	3.30	1.89	
Mezcladora de concreto 9 - 11 P3	hm	0.571	17.70	10.11	
ADICIÓN: 0.25% DE FIBRA DE VIDRIO					
Cuadrilla		Rendimiento		Costo Unitario (C.U.)	S/. 298.25
Preparación y vaciado: 0.3 capataz + 3 operarios + 2 oficiales +11peones		25.00	m3/día		
DESCRIPCIÓN/RECURSO	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial (S/.)	
MANO DE OBRA				63.56	
Capataz	hh	0.096	19.57	1.88	
Operario	hh	0.960	15.05	14.45	
Oficial	hh	0.640	12.47	7.98	
Peón	hh	3.520	11.15	39.25	
MATERIALES				220.79	
Cemento Pacasmayo Tipo I (42.5Kg)	Bolsas	5.529	22.50	124.40	
Agregado Fino de río	m3	0.583	55.00	32.07	
Agregado Grueso de río	m3	0.621	55.00	34.16	
Fibra de vidrio	Kg	6.000	5.00	30.00	
Agua	m3	0.167	1.00	0.17	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				13.91	
Herramientas manuales 3% M. Obra	%MO	0.030	63.56	1.91	
Vibrador de concreto 1.25", 4 HP	hm	0.571	3.30	1.89	
Mezcladora de concreto 9 - 11 P3	hm	0.571	17.70	10.11	
ADICIÓN: 0.50% DE FIBRA DE VIDRIO					
Cuadrilla		Rendimiento		Costo Unitario (C.U.)	S/. 327.48
Preparación y vaciado: 0.3 capataz + 3 operarios + 2 oficiales +11peones		25.00	m3/día		
DESCRIPCIÓN/RECURSO	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial (S/.)	
MANO DE OBRA				63.56	
Capataz	hh	0.096	19.57	1.88	
Operario	hh	0.960	15.05	14.45	
Oficial	hh	0.640	12.47	7.98	
Peón	hh	3.520	11.15	39.25	
MATERIALES				250.02	
Cemento Pacasmayo Tipo I (42.5Kg)	Bolsas	5.529	22.50	124.40	
Agregado Fino de río	m3	0.581	55.00	31.96	
Agregado Grueso de río	m3	0.618	55.00	33.99	
Fibra de vidrio	Kg	11.900	5.00	59.50	
Agua	m3	0.169	1.00	0.17	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS				13.91	
Herramientas manuales 3% M. Obra	%MO	0.030	63.56	1.91	
Vibrador de concreto 1.25", 4 HP	hm	0.571	3.30	1.89	
Mezcladora de concreto 9 - 11 P3	hm	0.571	17.70	10.11	

7.13. ANEXO XIII: PANEL FOTOGRÁFICO.



Foto N° 01: Elección y acarreo de los Agregados de la cantera "Roca Fuerte" – Baños del Inca hacia la Universidad Nacional de Cajamarca.



Foto N° 02: Cuarteo del agregado fino y grueso para la reducción a tamaño de muestra para los ensayos a realizar.



Foto N° 03: Ensayo para la obtención de los pesos específicos y la absorción del Agregado fino.

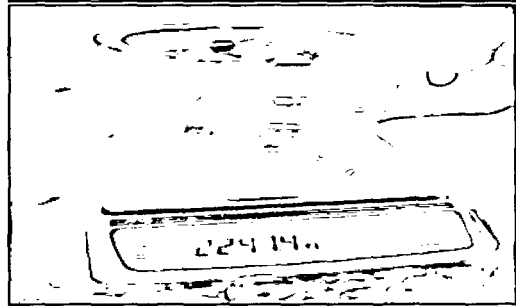
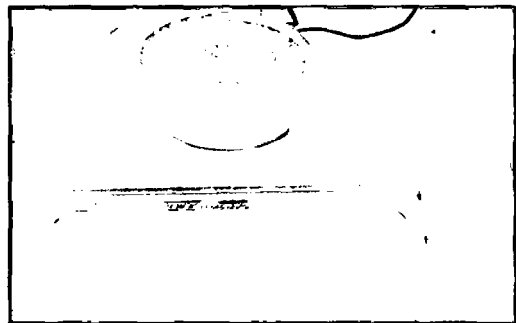


Foto N° 04: Ensayo para la obtención de la humedad del agregado fino y grueso.



Foto N° 05: Ensayo para la obtención del peso específico y absorción del Agregado Grueso con la canastilla sumergida en agua

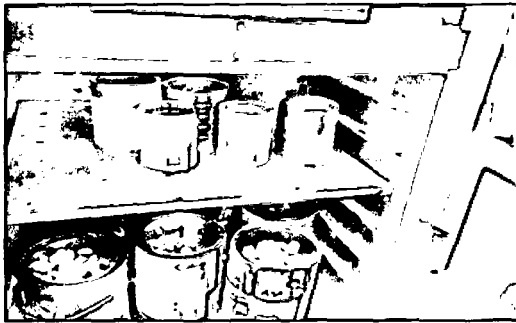


Foto N° 6: Secado a la estufa a 110 ° C de los agregados grueso y fino, así como el secado al aire del agregado fino en estado S.S.S.

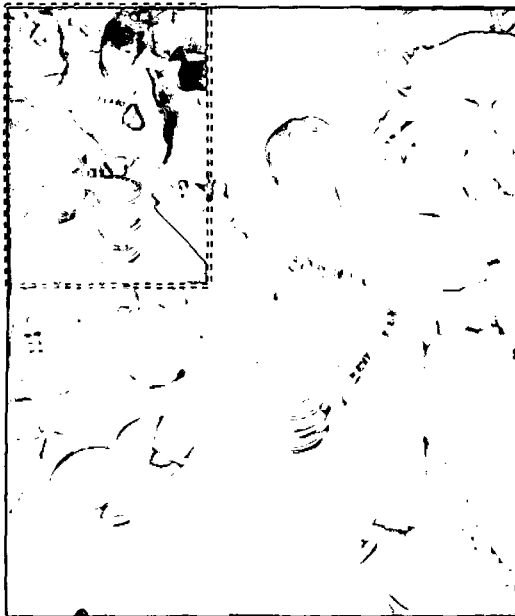


Foto N° 07: Ensayo de granulometría del agregado fino y grueso para determinar el módulo de finura.



Foto N° 08: Ensayo del lavado del agregado para las partículas menores que pasan al tamiz número 200.



Foto N° 09: Preparación de la fibra de vidrio tipo E – Mat 450, utilizando implementos de protección contra las partículas pequeñas que contiene la fibra.



Foto N° 10: Preparación de las mezclas de concreto con 0.125%, 0.25% y 0.50% de fibra de vidrio.

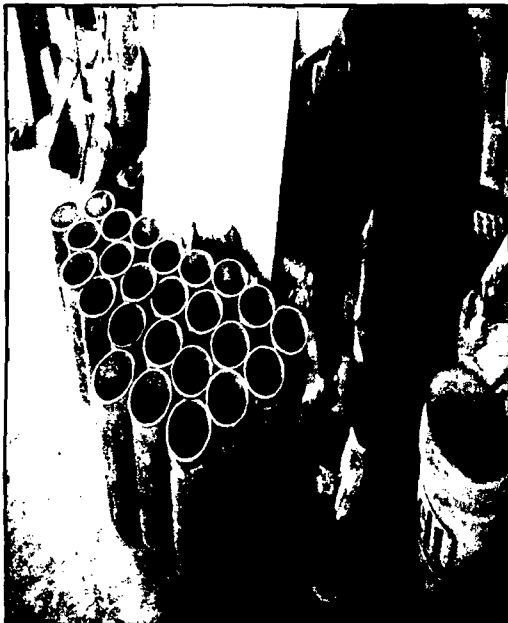


Foto N° 11: Preparación de los moldes cilíndricos para el vaciado de concreto con diferentes adiciones de fibra.



Foto N° 12: Elaboración de los especímenes prismáticos para ensayos a flexión.

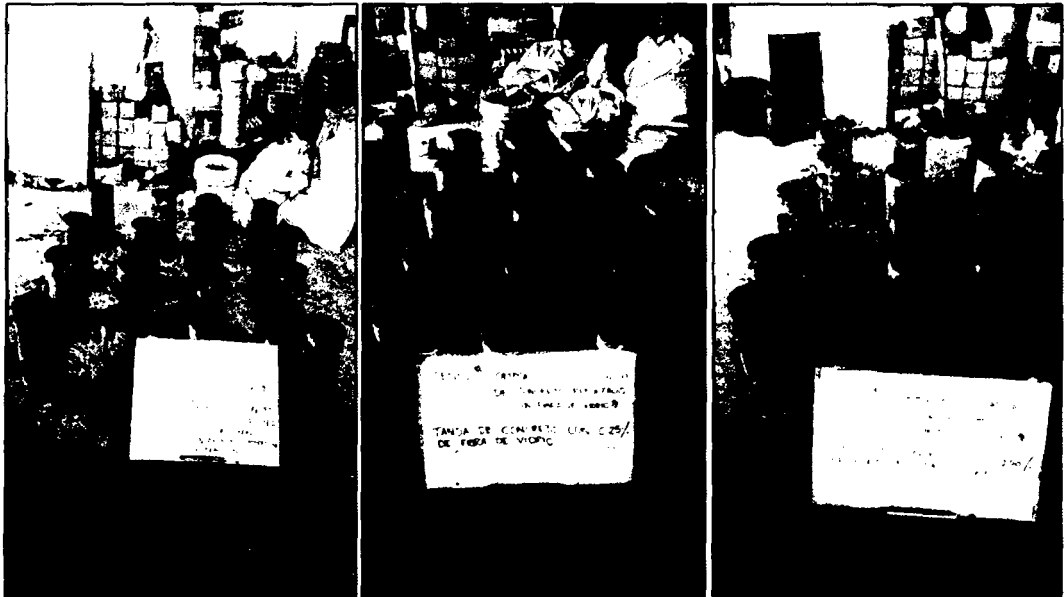


Foto N° 13: Elaboración de los especímenes cilíndricos a diferentes porcentajes de adición de fibra para los ensayos a compresión y tracción indirecta.



Foto N° 014: Medida de Slump para verificar la trabajabilidad de la tanda de concreto.

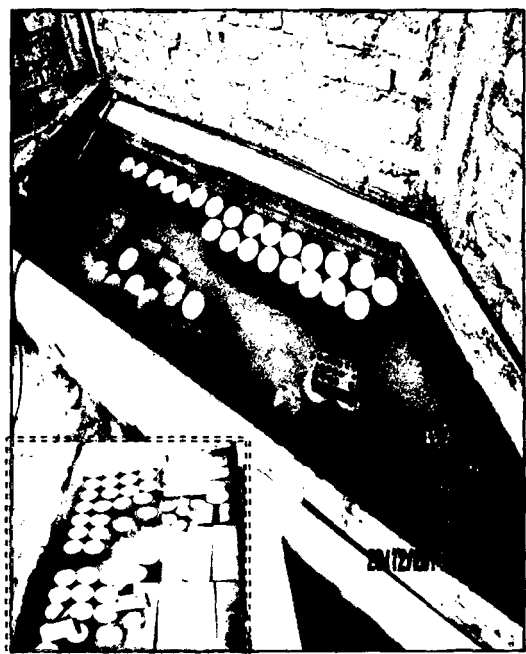


Foto N° 15: Curado de los especímenes de concreto en las pozas de curado de la UNC.

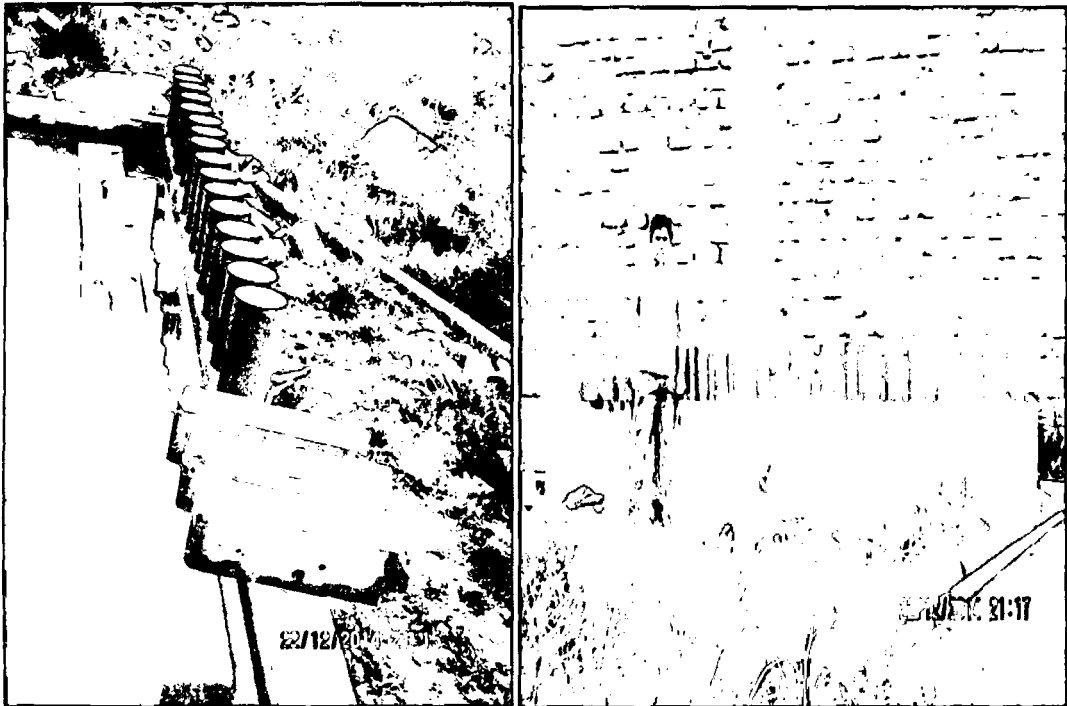


Foto N° 16: Extracción de los especímenes de concreto de la poza de curado para realizar los ensayos respectivos.



Foto N° 17: Toma de medidas y peso de los especímenes de concreto para su posterior ensayo.



Foto N° 18: Ensayo a compresión de los especímenes de concreto cilíndricos.

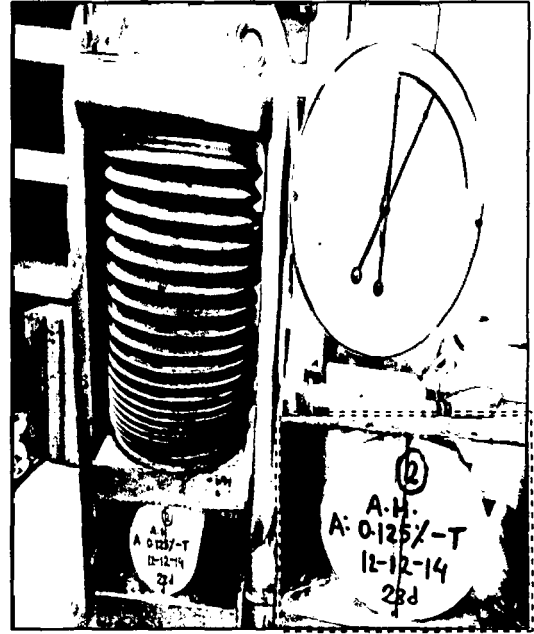


Foto N° 19: Ensayo a tracción indirecta de los especímenes de concreto cilíndricos.



Foto N° 20: Ensayo a flexión de los especímenes de concreto prismáticos.

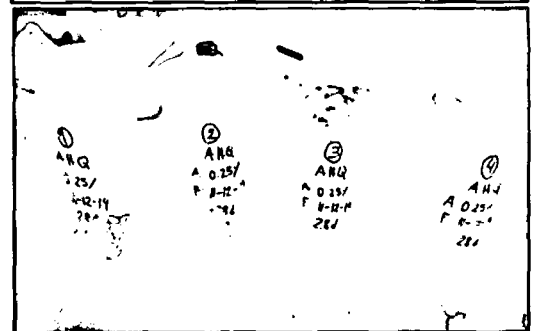


Foto N° 21: Fallas típicas de los especímenes de concreto ensayados a compresión.

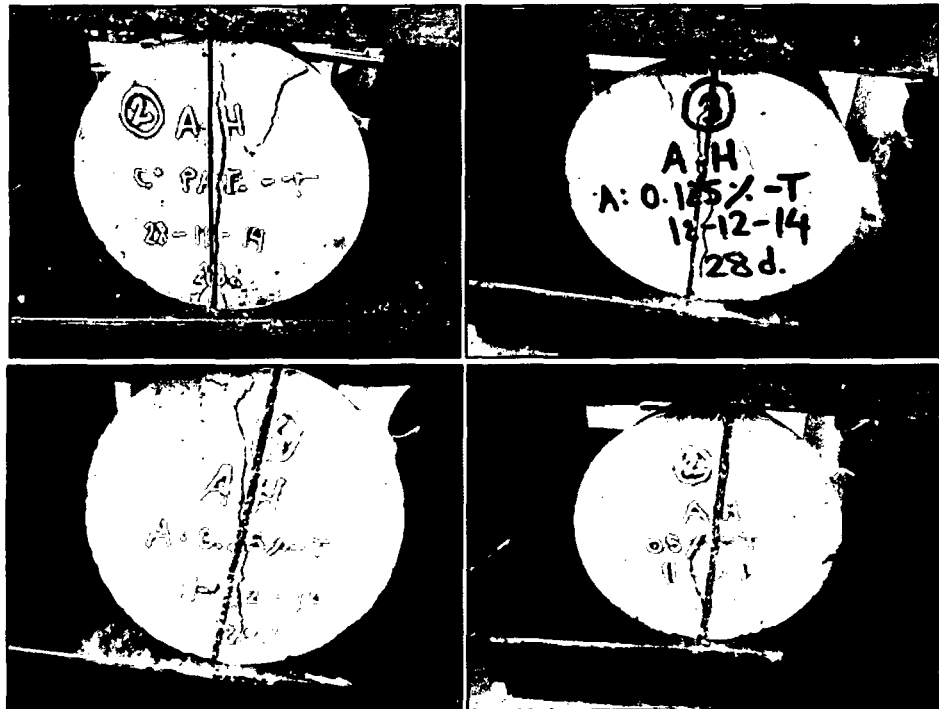


Foto N° 22: Fisuración de los especímenes de concreto cilíndricos ensayados a tracción indirecta.



Foto N° 23: Fisuración de los especímenes prismáticos ensayados a flexión.

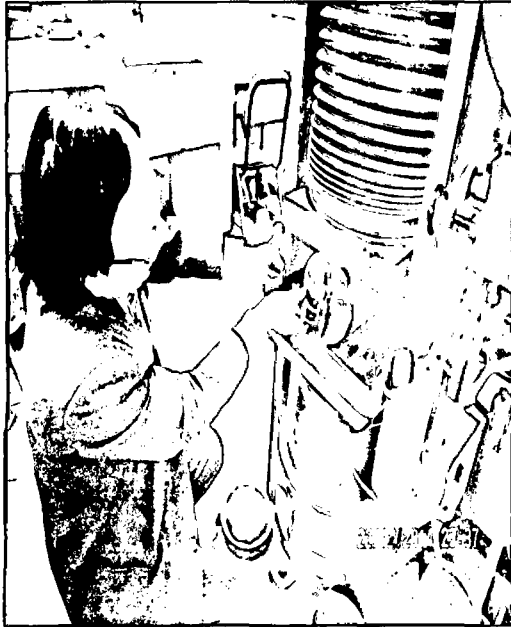


Foto N° 24: Medida de ancho y largo de fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta por el Ing. Héctor Pérez, asesor de la presente tesis.



Foto N° 25: Medida de ancho y largo de fisura de los especímenes ensayados a Flexión por el Ing. Héctor Pérez, asesor de la presente tesis.

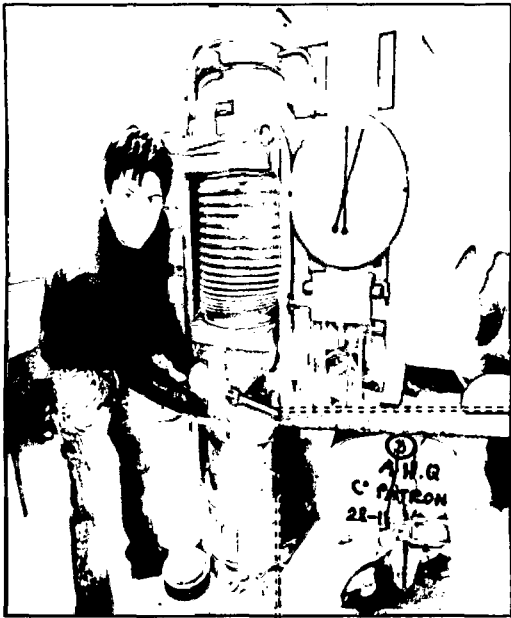


Foto N° 26: Medida de ancho y largo de fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.

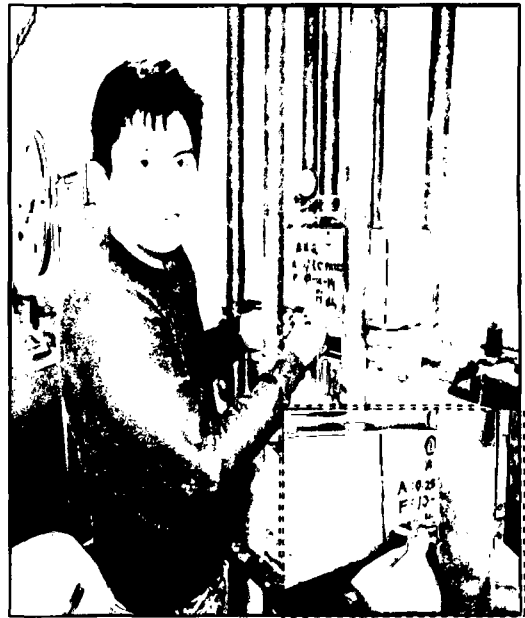


Foto N° 27: Medida de ancho y largo de fisura de los especímenes ensayados a flexión.