



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DEL
COMPORTAMIENTO A LA CONTRACCIÓN Y
TEMPERATURA DEL HORMIGÓN DE LOSAS TIPO DECK,
UTILIZANDO FIBRAS DE ACERO VS. MALLA DE ACERO
ELECTROSOLDADA**

SEBASTIÁN CONSTANTE

DIRECTOR: ING. WILSON CANDO

QUITO, 2019

DEDICATORIA

A todas las personas que me han apoyado y me han dado fuerzas para poder avanzar y cumplir mi sueños, en especial a mis padres Mónica y Geovanny, quienes siempre han sido parte de mi formación académica y personal; y a mis hermanos Cristina y Daniel quienes han sido como segundos padres para mí; y a mi enamorada Johanna, quien siempre supo apoyarme, especialmente en la etapa final de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

*A Dios por las grandes oportunidades que me ha dado.
A mi familia entera Constante y Parra por el amor y apoyo brindado.*

A los ingenieros de Ideal Alambrec-Bekaert, por la apertura, información y apoyo brindado para la presente investigación.

A los profesores de la PUCE, en especial a los de la Facultad de Ingeniería, que siempre han puesto su mayor empeño por ver a sus alumnos salir adelante, y por la formación académica brindada de tan alto nivel.

A los técnicos del laboratorio de materiales de la PUCE, quienes me apoyaron en la elaboración de los ensayos y la interpretación de sus resultados.

A todos mis compañeros y amigos de la carrera, con quienes he compartido no solo conocimiento sino también gran parte de mi vida y mi formación.

RESUMEN

La investigación presentada a continuación consiste en determinar qué tan efectivo podría resultar el reemplazo de la malla electrosoldada, utilizada convencionalmente en el sistema de losas colaborantes “Steel deck”, por fibras de acero Dramix®.

El trabajo pretende evaluar el comportamiento de ambas opciones frente a la contracción y dilatación que se produce en el hormigón debido a agentes externos de temperatura y humedad, con la finalidad de determinar qué sistema es más eficiente tanto en términos económicos como técnicos y constructivos.

El Capítulo I define el planteamiento del trabajo de disertación como una investigación teórica aplicada, exponiendo en sí las razones por las cuales se realiza el estudio, objetivos, hipótesis y varias referencias sobre la metodología a utilizar.

El Capítulo II incluye el marco teórico específico de la investigación, referenciando en este la contextualización del trabajo a realizarse, así como los conceptos que se utilizarán a lo largo de esta. En la sección de agrietamiento se dará mayor enfoque a los temas de retracción plástica, retracción por secado y tensiones de origen térmico.

El Capítulo III especifica el programa experimental técnico con el cual se va a desarrollar el análisis investigativo, definiendo aquí la normativa de ensayo a utilizarse, como se va a replicar la misma, su procedimiento y bajo qué parámetros se van a trabajar. También se incluyen las propiedades de los materiales utilizados.

El Capítulo IV trata propiamente al ensayo realizado, los indicadores y datos obtenidos a ser evaluados en el Capítulo V.

El Capítulo V evalúa y compara los resultados de los indicadores del capítulo anterior, concluyendo así la investigación y obteniendo resultados claros del cumplimiento de los objetivos del trabajo y aceptación o no de la hipótesis.

Los Capítulos I, II y III incluyen la fracción teórica de la investigación.

Los Capítulos III, IV y V incluyen la fracción aplicada de la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ANEXOS	XIX
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	21
1.1. INTRODUCCIÓN	21
1.2. JUSTIFICACIÓN	22
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.4. OBJETIVOS	23
1.4.1. GENERAL:	23
1.4.2. ESPECÍFICOS:	23
1.5. HIPÓTESIS	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	25
2.1. LOSAS.....	25
2.1.1. Generalidades	25
2.1.2. Tipos de losas	25
2.1.3. Losa con placa colaborante.....	28
2.1.3.1. Generalidades	28
2.1.3.2. Materiales	29
2.2. AGRIETAMIENTO (O FISURACIÓN).....	31
2.2.1. Principios generales de agrietamiento del hormigón.....	31

2.2.2.	Agrietamiento del hormigón en estado plástico (antes del endurecimiento)	33
2.2.2.1.	Agrietamiento por retracción plástica	33
2.2.2.2.	Agrietamiento por precipitación de agregados	36
2.2.3.	Agrietamiento del hormigón endurecido	37
2.2.3.1.	Agrietamiento por retracción por secado	37
2.2.3.2.	Tensiones de origen térmico	42
2.2.3.3.	Reacciones químicas	43
2.2.3.4.	Meteorización	43
2.2.3.5.	Corrosión de las armaduras	43
2.2.3.6.	Prácticas constructivas inadecuadas	43
2.2.3.7.	Sobrecargas durante la construcción	44
2.2.3.8.	Errores de diseño y detallado	44
2.2.3.9.	Cargas aplicadas externamente	44
2.2.4.	Control de agrietamiento en losas mediante acero de refuerzo	45
2.2.4.1.	Acero de refuerzo en una y dos direcciones (varillas de acero)	46
2.2.4.2.	Malla de acero electrosoldada (varillas de acero)	47
2.2.4.3.	Fibras de acero (SFRC o HRF)	49
CAPÍTULO III: PROGRAMA EXPERIMENTAL		52
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	52
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA DE ENSAYO	53
3.2.1.	Alcance	53
3.2.2.	Resumen del método de ensayo	53
3.2.3.	Uso del método	53
3.2.4.	Equipos	54
3.2.4.1.	Moldes	54

3.2.4.2.	Restricciones internas.....	55
3.2.4.3.	Ventilador de velocidad variable.....	55
3.2.4.4.	Caja de ventilación o cámara ambiental.....	55
3.2.4.5.	Sensores.....	56
3.2.4.6.	Plataforma de vibrado	56
3.2.4.7.	Equipo de acabado de superficie.....	56
3.2.4.8.	Recipiente de monitoreo.....	57
3.2.4.9.	Balanzas	57
3.2.4.10.	Equipo de medición de fisuras.....	57
3.2.5.	Muestreo de especímenes de prueba, unidades de prueba.....	57
3.2.6.	Procedimiento.....	57
3.2.7.	Cuantificación de fisuras	58
3.2.8.	Precisión	59
3.3.	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	59
3.3.1.	Agregados.....	59
3.3.1.1.	Granulometría de los agregados (ASTM C136)	59
3.3.1.2.	Contenido orgánico de agregado fino (ASTM C40).....	60
3.3.1.3.	Abrasión del agregado grueso (ASTM C131 & C535).....	61
3.3.1.4.	Peso unitario de los agregados (ASTM C29).....	61
3.3.1.5.	Contenido de humedad de los agregados (ASTM C566).....	62
3.3.1.6.	Gravedad específica y absorción de los agregados (ASTM C127 & C128)	62
3.3.2.	Cemento.....	63
3.3.3.	Hormigón simple	63

3.3.3.1.	Propiedades de los materiales y selección de parámetros del hormigón (resistencia y asentamiento).....	63
3.3.3.2.	Resistencia media necesaria en laboratorio.....	64
3.3.3.3.	Volumen de agua.....	64
3.3.3.4.	Relación agua/cemento (a/c)	65
3.3.3.5.	Cantidad de cemento	65
3.3.3.6.	Cantidad de grava.....	65
3.3.3.7.	Cantidad de arena	66
3.3.3.8.	Corrección por humedad y absorción, pesos húmedos	66
3.3.3.9.	Tabla resumen de dosificación.....	67
3.3.3.10.	Volumen para mezclar	67
3.3.3.11.	Restimación de la mezcla.....	67
3.3.3.12.	Dosificación final para 1m ³ de hormigón simple	68
3.3.3.13.	Dosificación final de hormigón simple por paradas	68
3.3.4.	Placa colaborante Steel Deck	70
3.3.4.1.	Tipo	70
3.3.4.2.	Características técnicas	70
3.3.5.	Malla de acero electrosoldada	71
3.3.5.1.	Tipo	71
3.3.5.2.	Características técnicas	71
3.3.5.3.	Dosificación	71
3.3.6.	Fibra de acero	72
3.3.6.1.	Tipo	72
3.3.6.2.	Características técnicas	72
3.3.6.3.	Dosificación	72

3.4.	CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO	73
3.4.1.	Equipos utilizados	73
3.4.1.1.	Moldes.....	73
3.4.1.2.	Restricciones internas.....	74
3.4.1.3.	Ventilador de velocidad variable.....	74
3.4.1.4.	Cámara ambiental.....	75
3.4.1.5.	Sensores.....	76
3.4.1.6.	Plataforma de vibrado	77
3.4.1.7.	Equipo de acabado de superficie	77
3.4.1.8.	Recipiente de monitoreo.....	77
3.4.1.9.	Balanza	78
3.4.1.10.	Equipo de medición de fisuras	78
3.4.2.	Muestreo de especímenes de prueba, unidades de prueba.....	79
3.4.3.	Procedimiento.....	79
3.4.4.	Cuantificación de fisuras	80
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....		81
4.1.	EVALUACIÓN TÉCNICA	81
4.1.1.	Tiempo de fraguado.....	81
4.1.1.1.	Formato para toma de datos	81
4.1.1.2.	Datos obtenidos	82
4.1.1.3.	Resultados obtenidos.....	87
4.1.2.	Fisuración del hormigón.....	89
4.1.2.1.	Formato para toma de datos	89
4.1.2.2.	Datos obtenidos	90
4.1.2.3.	Resultados obtenidos.....	110

4.1.3.	Parámetros ambientales	112
4.1.3.1.	Temperatura ambiental.....	112
4.1.3.2.	Humedad relativa	112
4.1.3.3.	Temperatura del hormigón.....	112
4.1.3.4.	Velocidad del viento.....	113
4.1.3.5.	Tasa de evaporación	113
4.1.4.	Resistencia del hormigón	115
4.1.4.1.	Formato para toma de datos	115
4.1.4.2.	Datos obtenidos	116
4.1.4.3.	Resultados obtenidos.....	117
4.2.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	118
4.2.1.	Análisis de construcción de losa deck con malla electrosoldada	118
4.2.1.1.	Proceso constructivo	118
4.2.1.2.	Rubros del análisis de precios unitarios	119
4.2.1.3.	Análisis de precios unitarios (APU).....	121
4.2.2.	Análisis de construcción de losa deck con fibra de acero	123
4.2.2.1.	Proceso constructivo	123
4.2.2.2.	Rubros del análisis de precios unitarios	124
4.2.2.3.	Análisis de precios unitarios (APU).....	125
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES		126
5.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	126
5.1.1.	Análisis técnico de resultados.....	126
5.1.2.	Análisis económico de resultados	128
5.1.3.	Análisis constructivo de resultados	128
5.2.	CONCLUSIONES	129



BIBLIOGRAFÍA	130
ANEXOS	134

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Losa armada en una dirección (Nilson, 1999, pág. 366)	26
Ilustración 2: Losa armada en dos direcciones (Nilson, 1999, pág. 366)	26
Ilustración 3: Losa nervada, reticular o alivianada (Nilson, 1999, pág. 366).....	26
Ilustración 4: Losa plana (Nilson, 1999, pág. 366).....	26
Ilustración 5: Losas de concreto sobre vigas de acero de alma abierta (McCormac & Csernak, 2013, pág. 648)	27
Ilustración 6: Losas compuestas (McCormac & Csernak, 2013, pág. 652)	27
Ilustración 7: Losas precoladas o prefabricadas (McCormac & Csernak, 2013, pág. 656).....	27
Ilustración 8: Losas con tableros de acero o Steel Deck (McCormac & Csernak, 2013, pág. 655)	27
Ilustración 9: Partes del sistema Steel Deck	28
Ilustración 10: Doblado y cortado de placas colaborantes (Sencico, s.f., pág. 9) ...	30
Ilustración 11: Concreto del sistema Steel Deck (Sencico, s.f., pág. 26).	30
Ilustración 12: Malla de temperatura en el sistema Steel Deck (Sencico, s.f., pág. 11).	30
Ilustración 13: Conectores de corte en sistemas Steel Deck (Sencico, s.f., pág. 6). 30	
Ilustración 14: Causas de Agrietamiento del Hormigón.....	31
Ilustración 15: Tiempo de aparición de fisuras dependiendo de su origen (Guía de Diseño CEB, Boletín N°12, 1993).....	32
Ilustración 16: Efecto del viento en la retracción plástica (Holt, 2000)	33
Ilustración 17: Formación de fisuras por retracción plástica (Aire, 2011)	34
Ilustración 18: Agrietamiento típico por retracción plástica (Price, 1982)	35
Ilustración 19: Tasa de Evaporación vs. Retracción Plástica (Holt, 2000).....	35
Ilustración 20: Ábaco para la determinación de la tasa de evaporación del hormigón (Contreras, 2004)	36

Ilustración 21: Agrietamiento por retracción por secado del hormigón (ACI Comité 244, 2001)	37
Ilustración 22: Dependencias del agrietamiento por Retracción por Secado	38
Ilustración 23: Dependencia de la retracción del volumen de agregados (ACI Comité 209, 2005)	39
Ilustración 24: Dependencia de la retracción de la relación agua/cemento de la mezcla (ACI Comité 209, 2005)	39
Ilustración 25: Dependencia de la retracción del tiempo de secado y la humedad relativa. Tiempo a partir del final del curado húmedo a 28 días (Troxell, Raphael, & Davis, 1958).....	40
Ilustración 26: Dependencia de la retracción del módulo de elasticidad (ACI Comité 209, 2005)	40
Ilustración 27: Dependencia de la retracción por secado del tamaño del elemento (Bryant & Vadhanavikkit, 1987)	41
Ilustración 28: Dependencia de la retracción por secado de la ubicación de la fibra (ACI Comité 244, 2001)	41
Ilustración 29: Denominación de varillas de acero (sistema métrico).....	46
Ilustración 30: Denominación de la malla de acero electrosoldada (ANSI/SDI, 2017)	47
Ilustración 31: Nomenclatura de dimensionamiento de mallas de acero electrosoldadas (ANSI/SDI, 2017)	47
Ilustración 32: Proceso de transferencia de tensiones en fisura (Orbe, Rojí, Cuadrado, & Losada, 2015)	49
Ilustración 33: Diferentes tipos y formas de fibras de acero, (Bekaert (mencionado en Orbe et al., 2015)).	50
Ilustración 34: Ejemplo de nomenclatura de las fibras de acero (Bekaert, s.f.)	50
Ilustración 35: Comparación refuerzo de contracción y temperatura.....	51
Ilustración 36: Dimensiones del molde de loseta de ensayo (ASTM, 2013, pág. 2)54	

Ilustración 37: Geometría de las restricciones internas (ASTM, 2013, pág. 2).....	55
Ilustración 38: Elevación de caja de ventilación (ASTM, 2013, pág. 4).....	55
Ilustración 39: Elevación de cámara ambiental (ASTM, 2013, pág. 5).....	56
Ilustración 40: Granulometría del agregado grueso.....	59
Ilustración 41: Granulometría del agregado fino.....	60
Ilustración 42: Contenido orgánico del agregado fino	60
Ilustración 43: Asentamiento del hormigón según tipo de construcción (Laura Calle)	64
Ilustración 44: Agua por metro cúbico de hormigón y % de aire (Laura Calle)	64
Ilustración 45: Relación agua/cemento (a/c) del hormigón (Laura Calle)	65
Ilustración 46: Cantidad de agregado grueso por metro cúbico de hormigón (Laura Calle).....	66
Ilustración 47: Volumen de hormigón sobre placa steel deck (KUBIEC)	70
Ilustración 48: Molde para probeta de ensayo (Planos).....	73
Ilustración 49: Molde para probeta de ensayo (Modelo y foto)	74
Ilustración 50: Porción de losa steel deck “Kubilosa” para probetas de ensayo	74
Ilustración 51: Ventilador centrífugo para cámara ambiental	74
Ilustración 52: Calefactor de la cámara ambiental	75
Ilustración 53: Deshumidificadores de la cámara ambiental.....	75
Ilustración 54: Modelo cámara ambiental	75
Ilustración 55: Cámara ambiental.....	76
Ilustración 56: Flujo de aire de la cámara ambiental.....	76
Ilustración 57: Anemómetro, termómetro e higrómetro.....	76
Ilustración 58: Vibrador de hormigón	77
Ilustración 59: Equipo de acabado de superficie de hormigón.....	77
Ilustración 60: Recipiente de monitoreo de evaporación de agua	77

Ilustración 61: Balanza	78
Ilustración 62: Microscopio óptico	78
Ilustración 63: Software Digital Microscope Suite 2.0.....	78
Ilustración 64: Medición de fisuras	80
Ilustración 65: Formato de toma de datos de tiempo de fraguado.....	81
Ilustración 66: Tiempo de Fraguado- Tiempo vs Resistencia a la penetración (Curva)	87
Ilustración 67: Tiempo de Fraguado: Tiempo vs. Resistencia a la penetración (Lineal)	88
Ilustración 68: Formato de toma de datos de fisuración del hormigón (anverso y reverso)	89
Ilustración 69: Fisuración en el Hormigón: Edad vs. Ancho de fisuras	111
Ilustración 70: Resultado de la tasa de evaporación del hormigón.....	114
Ilustración 71: Formato toma de datos resistencia a la compresión de cilindros ..	115
Ilustración 72: Rubro "Placa colaborante deck 0.76mm"	120
Ilustración 73: Rubro "Malla Armex R-158 electrosoldada 15x15x5.5mm."	120
Ilustración 74: Rubro "Hormigón simple en losa deck 7cm"	121
Ilustración 75: Rubro "Hormigón 210 con 15 fibra 80/60 en losa deck 7cm"	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Condición de factores para disminución de retracción por secado	42
Tabla 2: Anchos de fisura esperados en elementos de hormigón armado (ACI Comité 244, 2001, pág. 22)	44
Tabla 3: Refuerzo de retracción y temperatura en losas	48
Tabla 4: Granulometría de agregado grueso.....	59
Tabla 5: Granulometría de agregado fino	60
Tabla 6: Abrasión del agregado grueso (ASTM C131 y ASTM C353)	61
Tabla 7: Peso unitario de agregado grueso	61
Tabla 8: Peso unitario de agregado fino	61
Tabla 9: Contenido de humedad de agregado grueso	62
Tabla 10: Contenido de humedad de agregado fino	62
Tabla 11: Gravedad específica y absorción de los agregados	62
Tabla 12: Peso unitario del hormigón para restimación	67
Tabla 13: Dosificación final para 1m ³ de hormigón simple	68
Tabla 14: Dosificación final para pruebas de PHC y HMES de hormigón simple .	68
Tabla 15: Dosificación final para pruebas de HF de hormigón simple (primera parada)	69
Tabla 16: Dosificación final para pruebas de HF de hormigón simple (segunda parada)	69
Tabla 17: Diseño de la malla electrosoldada	71
Tabla 18: Diseño de la fibra de acero	73
Tabla 19: Tiempo de fraguado PHC1	82
Tabla 20: Tiempo de fraguado PHC2.....	83
Tabla 21: Tiempo de fraguado PHC3	83
Tabla 22: Tiempo de fraguado HMES1.....	84

Tabla 23: Tiempo de fraguado HMES2.....	84
Tabla 24: Tiempo de fraguado HMES3.....	85
Tabla 25: Tiempo de fraguado H15F1.....	85
Tabla 26: Tiempo de fraguado H15F2.....	86
Tabla 27: Tiempo de fraguado H15F3.....	86
Tabla 28: Control de cámara ambiental PHC1	90
Tabla 29: Datos de fisuración 24 horas PHC1.....	91
Tabla 30: Datos de fisuración 7 días PHC1	91
Tabla 31: Datos de fisuración 28 días PHC1	91
Tabla 32: Control de cámara ambiental PHC2	92
Tabla 33: Datos de fisuración 24 horas PHC2.....	92
Tabla 34: Datos de fisuración 7 días PHC2.....	93
Tabla 35: Datos de fisuración 28 días PHC2.....	93
Tabla 36: Control de cámara ambiental PHC3	94
Tabla 37: Datos de fisuración 24 horas PHC3.....	94
Tabla 38: Datos de fisuración 7 días PHC3.....	95
Tabla 39: Datos de fisuración 28 días PHC3.....	96
Tabla 40: Control de cámara ambiental HMES1	97
Tabla 41: Datos de fisuración 24 horas HMES1	97
Tabla 42: Datos de fisuración 7 días HMES1	98
Tabla 43: Datos de fisuración 28 días HMES1	99
Tabla 44: Control de cámara ambiental HMES2.....	100
Tabla 45: Datos de fisuración 24 horas HMES2	100
Tabla 46: Datos de fisuración 7 días HMES2	101
Tabla 47: Datos de fisuración 28 días HMES2	101

Tabla 48: Control de cámara ambiental HMES3.....	102
Tabla 49: Datos de fisuración 24 horas HMES3	102
Tabla 50: Datos de fisuración 7 días HMES3	103
Tabla 51: Datos de fisuración 28 días HMES3	103
Tabla 52: Control de cámara ambiental H15F1.....	104
Tabla 53: Datos de fisuración 24 horas H15F1	104
Tabla 54: Datos de fisuración 7 días H15F1	105
Tabla 55: Datos de fisuración 28 días H15F1	105
Tabla 56: Control de cámara ambiental H15F2.....	106
Tabla 57: Datos de fisuración 24 horas H15F2	106
Tabla 58: Datos de fisuración 7 días H15F2	107
Tabla 59: Datos de fisuración 28 días H15F2	107
Tabla 60: Control de cámara ambiental H15F3.....	108
Tabla 61: Datos de fisuración 24 horas H15F3	108
Tabla 62: Datos de fisuración 7 días H15F3	109
Tabla 63: Datos de fisuración 28 días H15F3	109
Tabla 64: Resultados de fisuración del hormigón de control (PHC).....	110
Tabla 65: Resultados de fisuración del hormigón con malla electrosoldada (HMES)	110
Tabla 66: Resultados de fisuración del hormigón con fibras de acero (H15F)	110
Tabla 67: Temperatura ambiental promedio.....	112
Tabla 68: Humedad relativa promedio	112
Tabla 69: Temperatura del hormigón	112
Tabla 70: Velocidad del viento promedio	113
Tabla 71: Tasa de evaporación promedio de los ensayos.....	113

Tabla 72: Datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas PHC	116
Tabla 73: Datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas HMES	116
Tabla 74: Datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas H15F.....	117
Tabla 75: Resultados de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas PHC	117
Tabla 76: Resultados de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas HMES	117
Tabla 77: Resultados de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas H15F	118
Tabla 78: Resultados de resistencia final a la compresión de cilindros de hormigón simple.....	118
Tabla 79: Presupuesto “Losa deck con malla electrosoldada”	121
Tabla 80: Rubro “Placa colaborante Deck 0.76mm.”	122
Tabla 81: Rubro “Malla Armex R-158 electrosoldada 15x15x5.5mm”	122
Tabla 82: Rubro “Hormigón simple en losa deck 7cm.”	123
Tabla 83: Presupuesto “Losa deck con fibra de acero”	125
Tabla 84: Rubro “Hormigón 210 con 15 fibra 80/60 en losa deck 7cm.”	125

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Áreas de sección transversal de malla electrosoldada para refuerzo (ANSI/SDI, 2017).....	134
Anexo 2: Ficha técnica Cemento Selvalegre Plus (UNACEM)	135
Anexo 3: Constancia de entrega-recepción de material de la empresa "Kubiec-Conduit"	137
Anexo 4: Ficha técnica Kubilosa (KUBIEC)	138
Anexo 5: Constancia de entrega-recepción del material de la empresa "Ideal Alambrec-Bekaert"	139
Anexo 6: Ficha técnica malla Armex® Tradicional (Ideal Alambrec Bekaert) ...	140
Anexo 7: Ficha técnica fibra Dramix 3D 80/60BG (Ideal Alambrec).....	141
Anexo 8: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta PHC1 (Gráfica Carga vs. Deformación).....	142
Anexo 9: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta PHC2 (Gráfica Carga vs. Deformación).....	144
Anexo 10: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta PHC3 (Gráfica Carga vs. Deformación).....	147
Anexo 11: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta HMES1 (Gráfica Carga vs. Deformación)	150
Anexo 12: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta HMES2 (Gráfica Carga vs. Deformación)	153
Anexo 13: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta HMES3 (Gráfica Carga vs. Deformación)	156
Anexo 14: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta H15F1 (Gráfica Carga vs. Deformación).....	159
Anexo 15: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta H15F2 (Gráfica Carga vs. Deformación).....	162



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Anexo 16: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta H15F3 (Gráfica Carga vs. Deformación).....	165
Anexo 17: Rubros de cubiertas en la construcción (Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 2018, pág. 51)	168
Anexo 18: Rubros de acero de refuerzo en la construcción (Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 2018)	168
Anexo 19: Rubros auxiliares de la construcción (Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 2018, pág. 40)	169
Anexo 20: Rubros hormigón simple en la construcción (Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 2018)	170
Anexo 21: Costos de materiales de la construcción (Camara de la Industria de la Construcción Ecuatoriana, 2018).....	170
Anexo 22: Salarios mínimos en la construcción (Contraloría General del Estado Ecuatoriano, 2018).....	171

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

La investigación presentada a continuación consiste en determinar qué tan efectivo podría resultar el reemplazo de la malla electrosoldada, utilizada convencionalmente en el sistema de losas colaborantes “Steel deck”, por fibras de acero Dramix®.

El trabajo pretende evaluar el comportamiento de ambas opciones frente a la contracción y dilatación que se produce en el hormigón debido a agentes externos de temperatura y humedad, con la finalidad de determinar qué sistema es más eficiente tanto en términos económicos como técnicos y constructivos.

La investigación de tema de disertación se la realizará mediante el ensayo de laboratorio determinado por la normativa de ensayo ASTM C 1579 denominada “Método de Ensayo Estándar para la Evaluación del Agrietamiento por Contracción Plástica de Concreto Reforzado con Fibras (Usando Inserción de Acero)”.

“El ensayo compara el agrietamiento superficial de paneles de concreto reforzado con fibra, con paneles de concreto de control, sometidos a condiciones de restricción y pérdida de humedad prescritas lo suficientemente severas como para agrietarlo antes del fraguado final del concreto.” (ASTM, 2013, pág. 1)

Al método de ensayo se lo adaptará ligeramente, para poder compararlo con el concreto que utiliza malla electrosoldada para el control del fisuramiento, es decir se ensayará también paneles de concreto reforzado con malla electrosoldada. Otra modificación que se realizó en el método de ensayo es la utilización de placa colaborante Steel Deck en vez del uso de restricciones que indica la norma.

La normativa de ensayo cuantificará entonces una relación de reducción de grietas (CCR), el cual se calculará como una relación entre el ancho promedio de las grietas obtenidas en los paneles de concreto reforzado con fibras (y en los paneles de concreto que utiliza malla electrosoldada) y en de los paneles de concreto de control (ASTM, 2013).

El trabajo de titulación presentado iniciará en estudios exploratorios, es decir que se realizará una investigación bibliográfica con el fin de ampliar el conocimiento teórico-

conceptual relacionado con el tema de agrietamiento y control de este mediante utilización de fibras de acero y sobre el sistema de losas Steel Deck.

La siguiente etapa será la de estudios descriptivos que permitirá recoger información sobre las propiedades y características tanto del sistema Steel Deck tradicional con malla electrosoldada como del que lo reemplaza por fibras de acero y de los materiales a utilizarse durante los ensayos.

Por último, esta disertación concluirá en estudios correlacionales pues, relacionará las variables: control de agrietamiento por contracción y temperatura-malla electro soldada y control de agrietamiento por contracción y temperatura-fibras de acero, obteniéndose así los resultados pertinentes por medio del ensayo definido por la ASTM C 1579-13, ensayando un total de 9 probetas: 3 usando hormigón de control, 3 utilizando malla de acero electrosoldada y 3 utilizando una proporción especificada de fibra de acero.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Se ha podido apreciar que en los últimos años la utilización del sistema de losas colaborantes o “Steel Deck” se ha incrementado a nivel mundial, tanto en construcciones de acero como en las de hormigón armado y mixtas. Según varios constructores, en la instalación de dicha tecnología de construcción se pueden presentar varias dificultades constructivas debido al uso de la malla electrosoldada para el control de agrietamiento por contracción y temperatura del concreto. Se propone entonces el reemplazo de dicha malla por la aplicación de fibras de acero, pues este podría resultar más conveniente al ser mezclado directamente con el hormigón tanto in-situ como en planta.

En una entrevista realizada el 8 de octubre del 2017, el ingeniero Pedro Zevallos, gerente comercial de la empresa Ideal Alambrec afirma que “existen países en los que ya se está utilizando este sistema y en el Ecuador se ha utilizado pocas veces”, sin embargo, estos sistemas han sido empleados sin ningún tipo de normativa pues para el sistema que utiliza malla electrosoldada si existe dicha normativa (ACI 318-14, sección R24.4), mas no para el sistema propuesto que utiliza las fibras de acero. Esta investigación podría servir entonces como base para la generación de dicha normativa y, dependiendo de los resultados obtenidos, incentivar el uso de esta técnica. De esta manera, los constructores que gusten utilizar el

sistema de losa tipo deck con hormigón con fibras de acero tendrán un sustento técnico que les permitirá conocer su beneficio económico, técnico y constructivo.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La investigación consiste en comparar de una manera técnica y económica el uso de fibras de acero en el hormigón del sistema de losas tipo deck para contrarrestar los efectos de agrietamiento provocados por la contracción y la temperatura, con el sistema convencional actual que utiliza una malla de acero electrosoldada para este fin. De esta manera se podrá evadir todos aquellos problemas constructivos que presenta la instalación de la mencionada malla, como la mano de obra especializada requerida su colocación y el ahorro en el tiempo de esta, ya que la fibra de acero vendría premezclada en el hormigón.

Cabe recalcar que el análisis que se va a realizar es de tipo comparativo, por medio de un ensayo de laboratorio que permitan evaluar exclusivamente el comportamiento del hormigón de losas deck por contracción y temperatura, es decir que la investigación no incluye la comparación de los sistemas mencionados a otros tipos de comportamiento como resistencia a la tracción o el análisis del comportamiento del acero de la placa colaborante.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. GENERAL:

- Comparar técnica y económicamente el comportamiento del hormigón a la contracción y temperatura de losas tipo deck, utilizando fibras de acero vs. malla de acero electrosoldada.

1.4.2. ESPECÍFICOS:

- Determinar las facilidades constructivas del sistema deck para losas en comparación con el sistema convencional que utiliza malla electrosoldada.
- Generar recomendaciones para el uso de hormigón con fibras de acero en sistema deck para losas para futuras construcciones y para la generación de normativas que la regulen.
- Establecer la cantidad de fibras de acero que se requerirían para obtener iguales y/o mejores resultados que la malla electrosoldada en el comportamiento del hormigón de losas con placa colaborante frente a contracción y temperatura.

1.5. HIPÓTESIS

El uso de fibras de acero en el sistema de losas Steel Deck para control de agrietamiento provocado por contracción y temperatura del hormigón tiene un mayor beneficio tanto técnico-económico como constructivo frente al uso de la malla electrosoldada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. LOSAS

2.1.1. Generalidades

En el campo de la construcción, se define a una losa como un elemento estructural de hormigón liso o reforzado que proporciona superficies planas y útiles a una edificación. Por lo general, las superficies superior e inferior de una losa son planas, relativamente horizontales, paralelas entre sí y de espesor uniforme (a veces se espesor variable). Pueden estar apoyadas en vigas, columnas, muros de mampostería, paredes, otras estructuras o hasta en el suelo en forma continua (ACI Concrete Terminology, 2013; Nilson, 1999).

Una losa de hormigón puede ser utilizada como piso o como techo. Cuando esta se apoya en el suelo se sostiene en el subsuelo y se refuerza generalmente con varillas o alambre electrosoldado de acero. Cuando una losa se encuentra suspendida entre sus soportes debe ser reforzada para resistir los momentos a flexión calculados, de manera que puede ser reforzada en una o dos direcciones, nervada, plana, con placa colaborante, etc. (ACI, s.f.).

2.1.2. Tipos de losas

La bibliografía es muy extensa y variada en cuanto a la clasificación y tipos de losas pues esta puede subdividirse por su forma de armado, por sus apoyos, por su uso, etc. En esta investigación se ha sintetizado dichas clasificaciones para facilitar su entendimiento. Se definirá brevemente cada tipo de losa y con un mayor grado de detalle a la losa con placa colaborante o steel deck.

Si una losa está apoyada en dos lados apuestos (generalmente por vigas) como se observa en la Ilustración 1, las cargas aplicadas sobre esta se transmiten en dirección perpendicular a los apoyos, por lo que estas se denominan losas armadas en una dirección. Si dichos apoyos se encuentran en los cuatro lados como en la Ilustración 2, dicha acción se transmite en ambas direcciones, por lo que se las denomina losas armadas en dos direcciones, siempre y cuando la relación largo/ancho de la losa sea menor o igual que dos, pues si es mayor, la mayor parte de la carga se transmitirá en la dirección corta. En ambos casos se habla de losas macizas, en las cuales, con el fin de reducir su peso propio, se las puede aligerar, generando vacíos en la parte no armada mediante casetones o bloques de distintos

materiales como en la Ilustración 3, generándose nervios en la parte armada por lo cual se las denomina losas nervadas, reticulares o alivianadas. Existen casos en los cuales la losa se apoya directamente sobre las columnas como en la Ilustración 4, generalmente cuando las luces son pequeñas con cargas bajas y se denominan losas planas (Córdova, 2015; Gaylord, Gaylord, & Robinson, 1993; Nilson, 1999; McCormac & Brown, 2011; McCormac & Csernak, 2013).

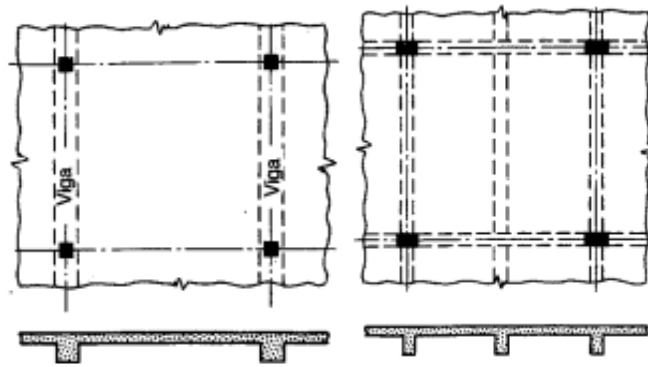


Ilustración 1: Losa armada en una dirección (Nilson, 1999, pág. 366)

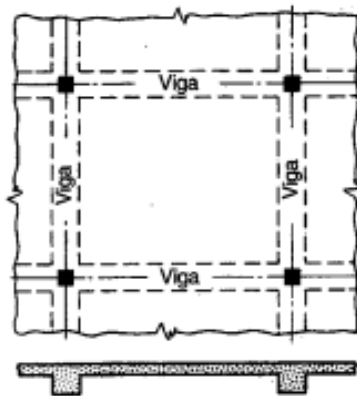


Ilustración 2: Losa armada en dos direcciones (Nilson, 1999, pág. 366)

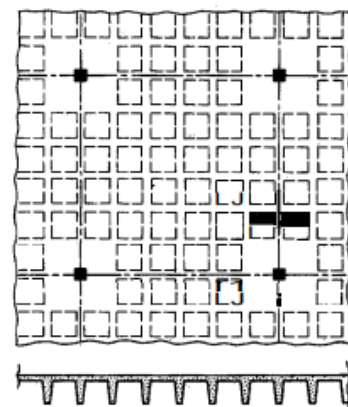


Ilustración 3: Losa nervada, reticular o alivianada (Nilson, 1999, pág. 366)

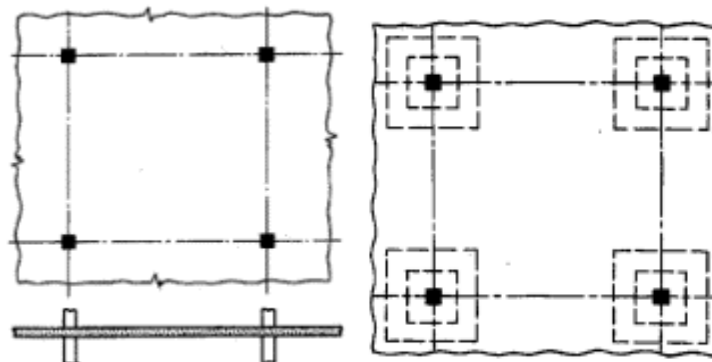


Ilustración 4: Losa plana (Nilson, 1999, pág. 366)

Por su parte McCormac & Csernak (2013) añade varios tipos más de losas cuando estas pertenecen a una edificación de acero. Entre ellas están las losas de concreto sobre vigas de acero de alma abierta, que se trata de losas apoyadas sobre celosías como en la Ilustración 5; losas o pisos compuestos, que son aquellas que que tienen vigas de acero embebidas en el concreto como las de la Ilustración 6; losas precoladas o prefabricadas, las cuales son fabricadas en talleres y montadas en obra presentadas en la Ilustración 7; y losas con tableros de acero, que entre algunas variantes se encuentra la losa con placa colaborante (steel deck) o lámina acanalada de acero con un recubrimiento de concreto como se observa en la Ilustración 8, la cual actualmente es el tipo más común de sistema utilizado en edificios.

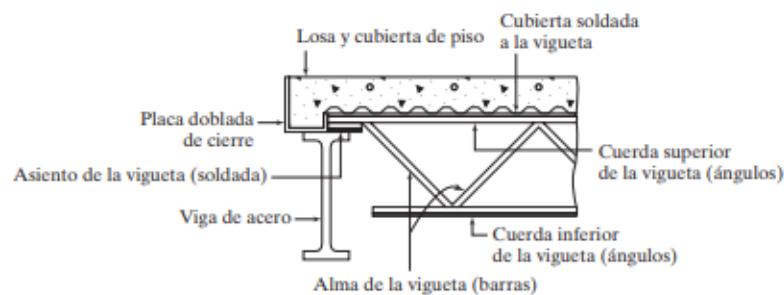


Ilustración 5: Losas de concreto sobre vigas de acero de alma abierta (McCormac & Csernak, 2013, pág. 648)

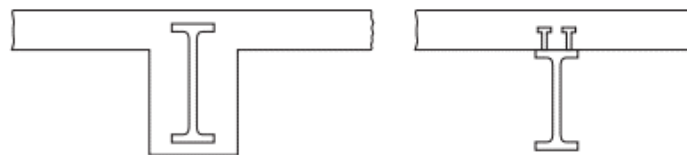


Ilustración 6: Losas compuestas (McCormac & Csernak, 2013, pág. 652)

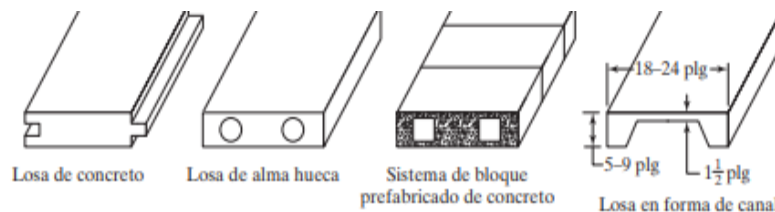


Ilustración 7: Losas precoladas o prefabricadas (McCormac & Csernak, 2013, pág. 656)

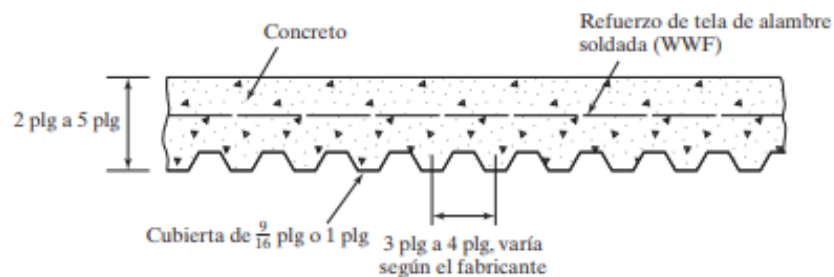


Ilustración 8: Losas con tableros de acero o Steel Deck (McCormac & Csernak, 2013, pág. 655)

2.1.3. Losa con placa colaborante

2.1.3.1. Generalidades

La lámina acanalada de acero o steel deck, incluye un recubrimiento de hormigón sobre ella y “(...) es con mucho el tipo más común de sistema de piso que se usa en edificios de oficinas y de apartamentos. También son populares para hoteles y otras construcciones, donde las cargas no son muy grandes.” (McCormac & Csernak, 2013, pág. 653)

Este sistema, como se observa en la Ilustración 9, consta de planchas con una forma específica, las cuales consiguen una gran inercia para resistir altas cargas, sobre la cual se coloca un recubrimiento de hormigón y una malla de temperatura cuya función se explica más adelante. El sistema trabaja entonces como sección compuesta acero/hormigón al quedar adheridos mediante el fraguado de este último (Sencico, s.f.).

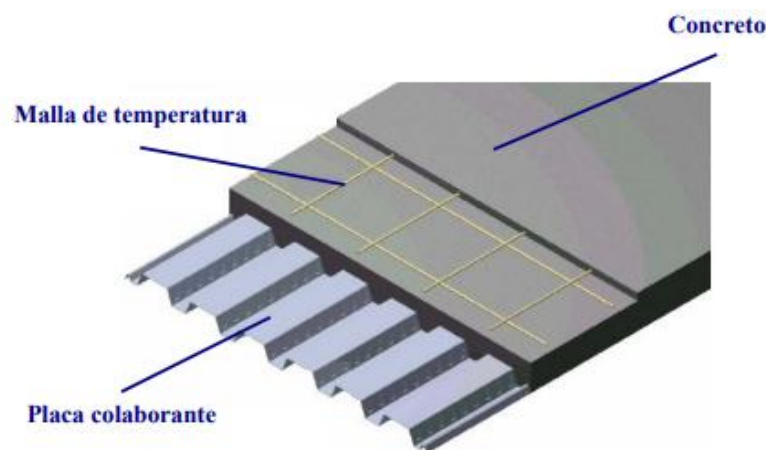


Ilustración 9: Partes del sistema Steel Deck

Según Sencico (s.f.) la lámina steel deck cumple tres funciones principales: reemplazar al acero de refuerzo que resiste los esfuerzos de tracción en la parte inferior de la losa por cargas de servicio; resistir las cargas de servicio durante el vaciado del concreto en la losa a la vez que sirve como encofrado de este, dotar al trabajador de una plataforma de trabajo durante la instalación de la losa y sus componentes (mallas, conectores, tuberías, etc.).

Sencico (s.f.) también menciona una infinidad de ventajas de este sistema frente a los tradicionales como reducción de tiempo de trabajo en un 40%, ahorro de materiales empleados, facilidad de manejo e instalación, reducción de mano de obra, bajo desperdicio de materiales y limpieza de obra, no utiliza encofrados, reduce el peso muerto de la losa, estética, durabilidad y economía.

2.1.3.2. *Materiales*

- Placa Colaborante

Se trata de planchas de acero roladas al frío y galvanizadas, con un esfuerzo de fluencia mínimo de 2325 kg/cm² o 33 ksi y un módulo de elasticidad de 2.1x10⁶ kg/cm². Adicionalmente deben cumplir con normas ASTM A653 y A611. Su denominación se la hace en Gages o Gauges, milímetros o pulgadas. Las planchas son dobladas dándole la geometría especificada y cortadas a lo largo según lo requerido como en la Ilustración 10, el ancho útil de las piezas depende del fabricante y varían alrededor de un metro (Sencico, s.f.).

- Hormigón de la losa

“El hormigón utilizado sobre la placa deberá cumplir con los requisitos de ACI 318, capítulo 19. Adicionalmente el esfuerzo a compresión mínimo del hormigón debe ser de 3000 psi (21 MPa) y como máximo de 6000 psi (42 MPa).” (SDI: American National Standards Institute/Steel Deck Institute, 2017)

Se debe también realizar el respectivo vibrado del concreto para garantizar la adherencia acero/hormigón y su curado debe ser mínimo hasta 7 días posteriores al vertido; no se debe usar hormigones con aditivos que tengan sales clorhídricas pues pueden corroer a la placa de acero (Sencico, s.f.). El vertido del hormigón se observa en la Ilustración 11.

- Refuerzo para temperatura y agrietamiento

“El refuerzo de la malla de temperatura es esencial en cualquier tipo de losa estructural para evitar el fisuramiento de la misma, debido a los efectos de temperatura y contracción de fragua que sufre el concreto.” (Sencico, s.f., pág. 11)

En la Ilustración 12 se puede observar la colocación de esta malla. La función que cumple esta malla, así como sus requisitos y otros detalles de esta están especificados en la sección 2.2.4.2 (pág. 47) de este documento.

SDI: American National Standards Institute/Steel Deck Institute (2017), permite también que se utilice como refuerzo para temperatura y agrietamiento concreto con fibras de acero (como lo especificado en la sección 2.2.4.3, pág. 49 de este documento), u hormigón con fibras sintéticas.

- Conectores de corte

Cuando la losa se apoya sobre vigas metálicas existe un elemento más en el sistema. El conector de corte como se observa en la Ilustración 13 cumple la función de reducir deformaciones debidas a los esfuerzos de corte generados en la sección compuesta acero/hormigón. Estos elementos van sujetos al ala superior de la viga, quedando embebidos en la losa. No debe haber más de 3 conectores por valle en el sentido transversal, su altura debe estar entre 3” y 7”, su diámetro debe ser menor a $\frac{3}{4}$ ” y debe cumplir con ASTM B633 (Sencico, s.f.).



Ilustración 10: Doblado y cortado de placas colaborantes (Sencico, s.f., pág. 9)



Ilustración 11: Concreto del sistema Steel Deck (Sencico, s.f., pág. 26).



Ilustración 12: Malla de temperatura en el sistema Steel Deck (Sencico, s.f., pág. 11).

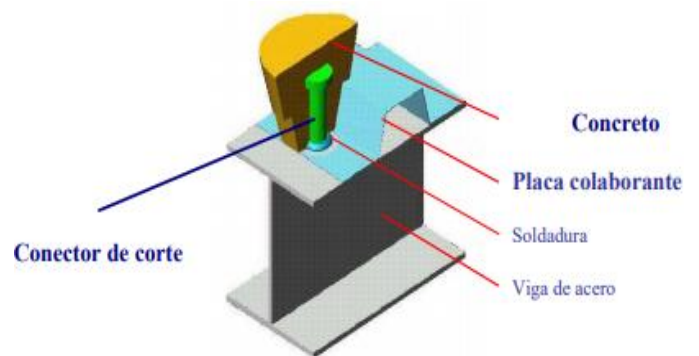


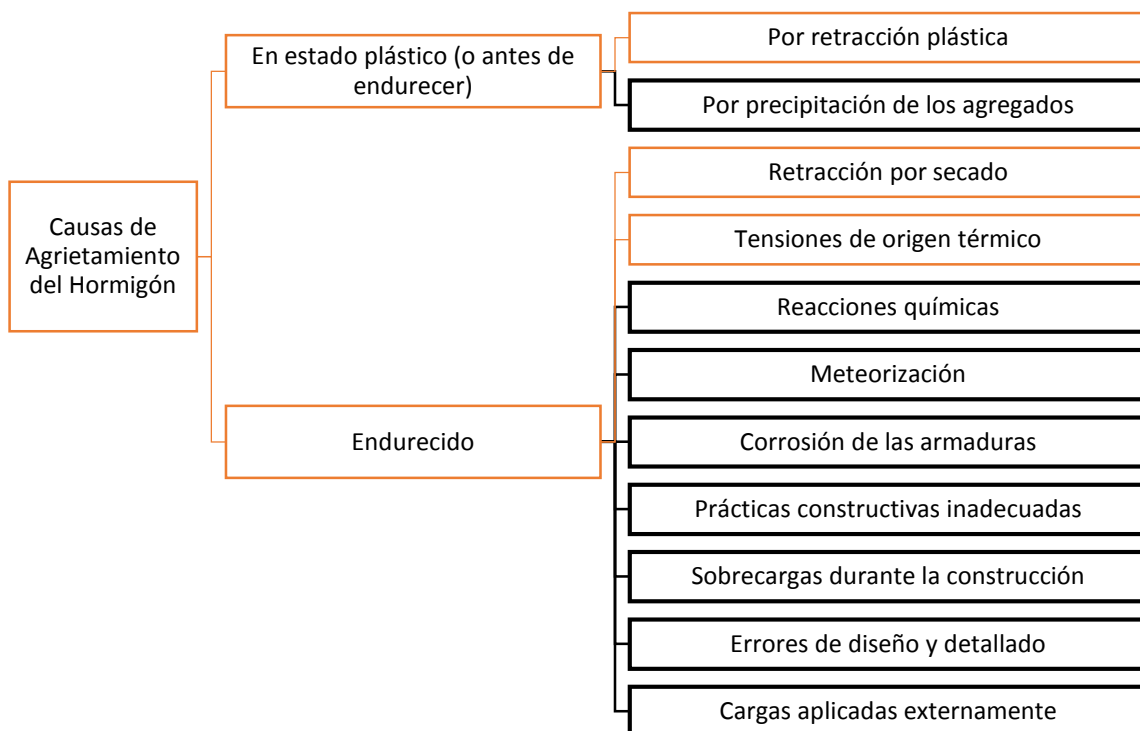
Ilustración 13: Conectores de corte en sistemas Steel Deck (Sencico, s.f., pág. 6).

2.2. AGRIETAMIENTO (O FISURACIÓN)

2.2.1. Principios generales de agrietamiento del hormigón

Cuando el hormigón en estructuras presenta agrietamiento, puede ser síntoma de importantes fallas estructurales, falta de durabilidad o simplemente comprometer el aspecto de construcciones monolíticas, pudiendo provocar inseguridad en los usuarios de la edificación. Estas fisuras se pueden producir por numerosas causas, y su importancia dependerá principalmente del tipo de estructura y de la naturaleza de la fisuración. Estas deben ser debidamente previstas y controladas antes de que presenten dichos problemas, caso contrario se deberá seguir un procedimiento de reparación (ACI Comité 244, 2001; ACI Comité 244, 2007).

La fisuración del concreto, según la bibliografía estudiada, se divide en fisuras del hormigón en estado plástico (o antes de endurecer) y fisuras de hormigón endurecido. Tomando la idea de la clasificación de la Sociedad Técnica del Concreto, Reporte N°22, (1992) citada en Salgado (2010) y sintetizándola con la indicada por ACI Comité 244 (2007), se tiene la clasificación mostrada en la Ilustración 14.



Nota: se han resaltado las causas que tienen que ver con temperatura para la investigación presentada.

Ilustración 14: Causas de Agrietamiento del Hormigón.

Según la guía de diseño CEB, boletín N°12 (1993), el tiempo que demora en aparecer la fisuración depende principalmente de su origen. (Salgado, 2010, págs. 46, 47). Este tiempo se muestra en la Ilustración 15.

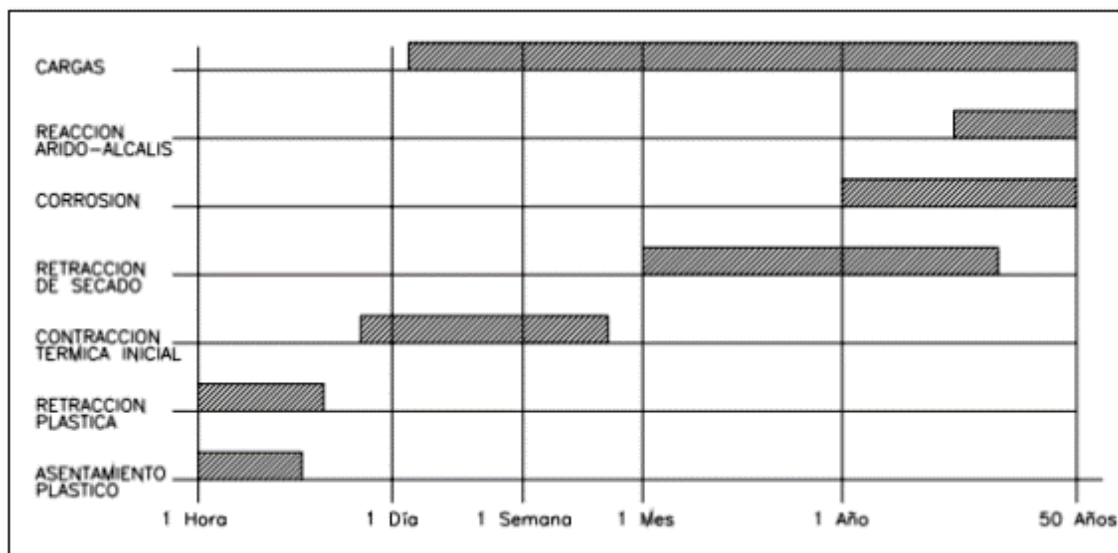


Ilustración 15: Tiempo de aparición de fisuras dependiendo de su origen (Guía de Diseño CEB, Boletín N°12, 1993)

Antes de iniciar con el detalle de la clasificación, se debe tener en cuenta que convencionalmente el estudio de esta clasificación se basa en la diferenciación de deformaciones producidas por fluencia y por retracción. Según Fernández (2003) “este tratamiento es perfectamente válido siempre que se tenga en cuenta que ambas deformaciones diferidas no son independientes, sino que es una manera de representar un único fenómeno, la deformación del hormigón en el tiempo.” (Salgado, 2010, pág. 48)

Fernández (2003) define entonces a estas deformaciones de la siguiente manera:

Deformación de retracción: Es la deformación que desarrolla en el tiempo un elemento de hormigón, con unas características dadas y en un medio dado cuando no se encuentra sometido a carga exterior. La retracción no incluye cambios en longitud producto de variaciones de temperatura, pero depende del ambiente y de la configuración y tamaño de la muestra.

Deformación por fluencia: Es la diferencia entre la deformación total que experimenta el elemento de hormigón en el tiempo cuando es sometido a la acción de alguna carga exterior y a la deformación de retracción. (Salgado, 2010, pág. 48)

2.2.2. Agrietamiento del hormigón en estado plástico (antes del endurecimiento)

Como la investigación presente pretende estudiar la afectación de la temperatura, humedad y viento en el hormigón estructural, se tomará un mayor enfoque en el agrietamiento producido por dichos factores, en este caso por retracción plástica. La otra causa para el agrietamiento del concreto se definirá sin mayor detalle.

2.2.2.1. Agrietamiento por retracción plástica

Como se pudo apreciar en la Ilustración 15, las fisuras se producen durante las primeras horas de colocado el concreto, antes de finalizar del fraguado del concreto y “se da cuando está sujeto a una pérdida de humedad muy rápida provocada por una combinación de factores que incluyen las temperaturas del aire y el hormigón, la humedad relativa y la velocidad del viento en la superficie del hormigón.” (ACI Comité 244, 2007, pág. 2)

Holt (2000) citada por Salgado (2010), explica cómo afecta cada uno de dichos factores a la formación del agrietamiento por retracción plástica:

- Temperatura del hormigón y del aire: Mientras mayor es la temperatura de la superficie del concreto en relación a la del aire que lo rodea, la tasa de evaporación del agua superficial es mayor.
- Humedad relativa del ambiente: A mayor humedad relativa del ambiente, mayor humedad relativa en el hormigón, produciendo expansión en el mismo y viceversa; por lo tanto, con una baja humedad relativa se tendrá contracción en el concreto y a su vez mayor tasa de evaporación.
- Velocidad del Viento: El estudio expuesto en la Ilustración 16, revela que las superficies con mayor exposición a vientos generan mayor retracción.

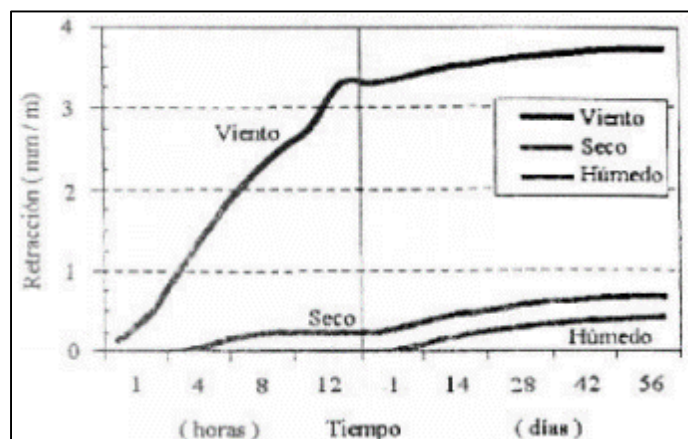


Ilustración 16: Efecto del viento en la retracción plástica (Holt, 2000)

Dichos factores, al combinarse, pueden llegar a generar una elevada tasa de evaporación en la humedad existente sobre la superficie del concreto (ya sea en clima caluroso o frío). Si el agua de exudación no puede ser colocada a la misma velocidad con la que se produce dicha evaporación, el hormigón superficial sufrirá contracción (ACI Comité 244, 2007). Fernández (2003) explica que a esto se le suma el efecto de la dosificación y el tipo de cemento utilizado en la mezcla, pues la contracción plástica es más o menos el 1% del volumen seco del cemento, es decir que mientras más cemento, más retracción plástica se producirá (Salgado, 2010).

Este fenómeno produce fuerzas de reacción con respecto al hormigón que está debajo a la capa superficial en proceso de secado, pues la restricción que este ofrece genera tracción en el hormigón débil, plástico y en proceso de rigidización, lo cual produce fisuras de profundidad, anchura, y longitud variable como se presenta en la Ilustración 18 (ACI Comité 244, 2007).

Aire (2011), resume el fenómeno de formación de fisuras por retracción plástica del concreto enlistando paso por paso como se producen. A esta explicación se la presenta también de forma gráfica en la Ilustración 17.

1. Se presenta agua de exudación sobre el área superficial.
2. La velocidad de evaporación de agua es mayor a la del agua de exudación.
3. Se seca el área superficial del hormigón.
4. La lámina superficial seca intenta contraerse.
5. El hormigón inferior (aún húmedo y plástico) a la lámina superficial (ya seca) intenta resistir la constracción.
6. Se genera la reacción en el hormigón plástico.
7. Se genera agrietamiento por contracción plástica.

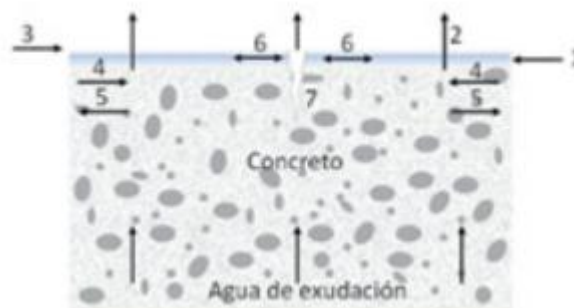


Ilustración 17: Formación de fisuras por retracción plástica (Aire, 2011)

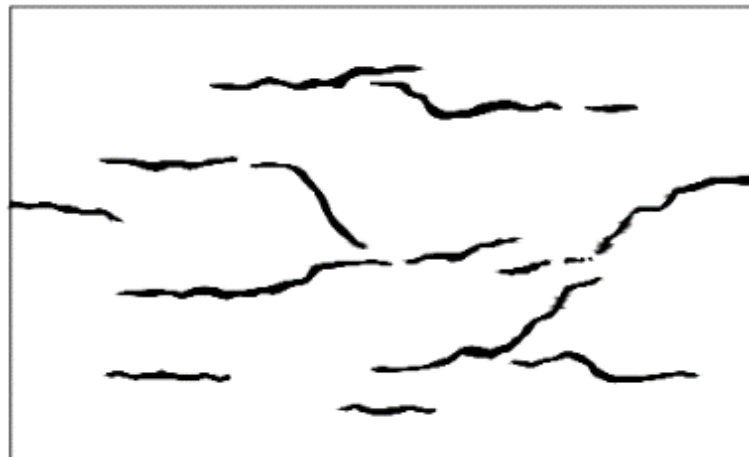


Ilustración 18: Agrietamiento típico por retracción plástica (Price, 1982)

Estas fisuras inicialmente pueden ser pocas profundas, pero con el tiempo podrían volverse un problema grave, pues si a través de estas atravesaran sustancias perjudiciales, como químicos que cambien las propiedades de la mezcla, pueden afectar su desempeño y durabilidad (ACI Comité 244, 2007; Aire, 2011).

Existen estudios, presentados por Holt (2000) citados por Salgado (2010), en los cuales se demuestra, mediante una nube de datos experimentales, la relación que tiene la tasa de evaporación del agua superficial con la contracción plástica que se presenta en el concreto. La Ilustración 19 revela sus resultados, a medida que la tasa de evaporación aumenta, la retracción plástica del hormigón también lo hace y por ende las fisuras en este.

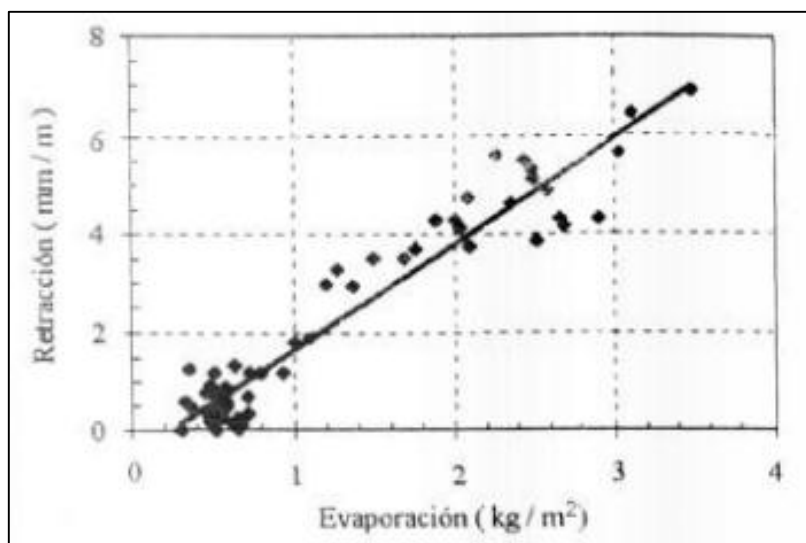


Ilustración 19: Tasa de Evaporación vs. Retracción Plástica (Holt, 2000)

La tasa de evaporación puede ser determinada mediante el ábaco presentado en la Ilustración 20, para lo cual se requiere conocer los factores ya mencionados.

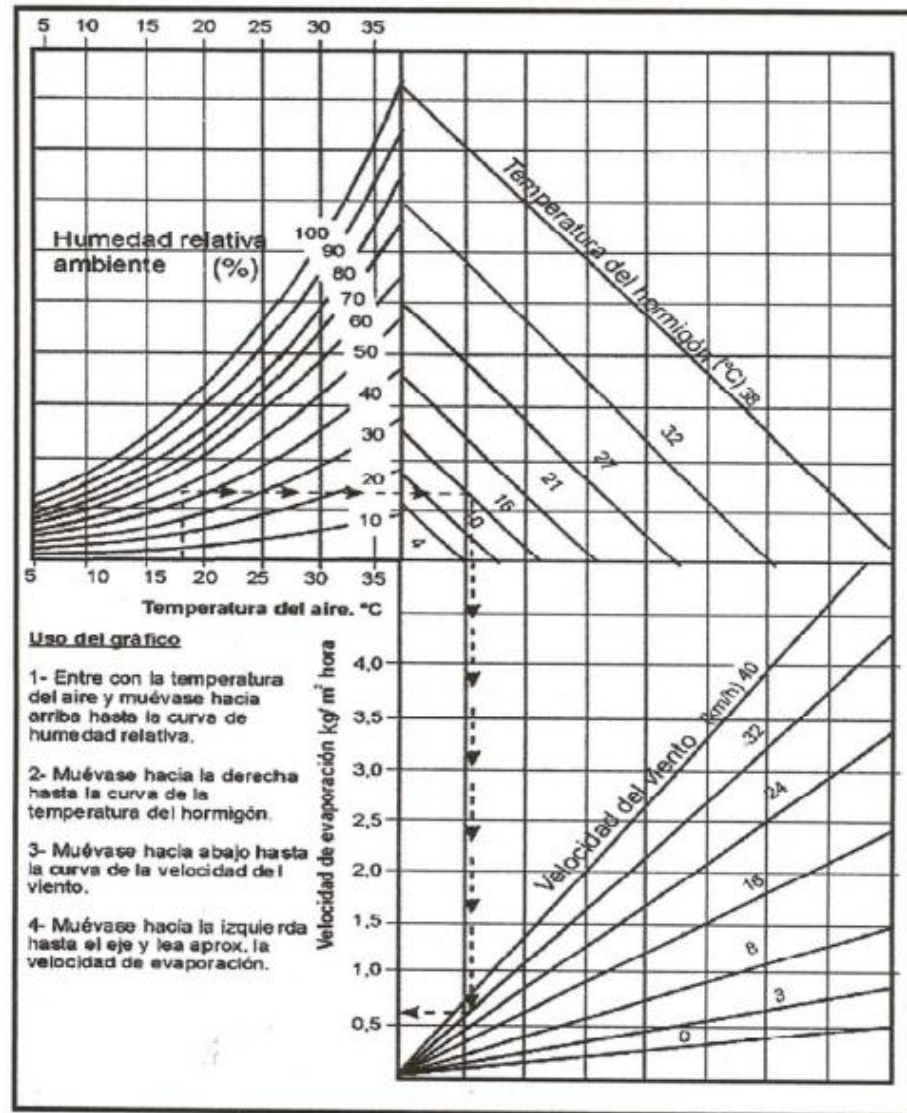


Ilustración 20: Ábaco para la determinación de la tasa de evaporación del hormigón (Contreras, 2004)

2.2.2.2. Agrietamiento por precipitación de agregados

La consolidación del concreto se produce aún después de colocado, vibrado y acabado, y si este, estando en su fase plástica, se ve restringido por un hormigón antiguo, armaduras o encofrados, se generarán vacíos y por ende fisuras adyacentes al elemento que produce la restricción. Este problema puede verse agravado por el mal vibrado y/o acabado del concreto, así como por el uso de encofrados muy flexibles o que presentes pérdidas (ACI Comité 244, 2007).

2.2.3. Agrietamiento del hormigón endurecido

Como la investigación presente pretende estudiar la afectación de la temperatura, humedad y viento en el hormigón estructural, se tomará un mayor enfoque en el agrietamiento producido por dichos factores, en este caso por retracción por secado y por tensiones de origen térmico. Las otras causas para el agrietamiento del concreto se definirán sin mayor detalle.

2.2.3.1. Agrietamiento por retracción por secado

La pasta cementicia de un elemento de hormigón, al perder humedad, generalmente por el secado (evaporación) natural en función de la humedad relativa, la velocidad y la duración del secado, tiende a contraerse hasta un 1%; la restricción que otorgan los agregados a dicho hormigón reduce esta reducción de volumen hasta un 0,06% aproximadamente. Esta pérdida de agua se produce inicialmente en el agua libre (poca o nula contracción) y luego en el agua absorbida por el cemento (mayor deformación). Se define entonces a la retracción por secado a aquella deformación lineal, que depende del tiempo, a temperatura constante, que se produce en un elemento de concreto sin ser sometido a cargas que se deja secar. Dicho cambio volumétrico producido es normal, sin embargo, los elementos estructurales suelen estar restringidos por otro elemento estructural (el suelo o armaduras de acero empotradas), generándose fuerzas de tracción internas en el elemento. Dichas fuerzas, al superar la baja resistencia a tracción del hormigón, generan agrietamiento en la superficie de este. Al fenómeno de fisuración por retracción por secado del hormigón se lo puede observar de manera gráfica en la Ilustración 21 (ACI Comité 244, 2001; ACI Comité 244, 2007; Marino, 2009).

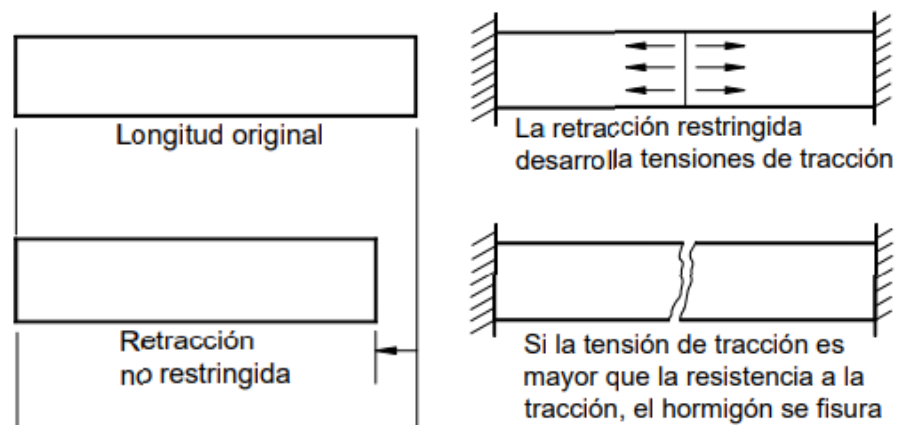


Ilustración 21: Agrietamiento por retracción por secado del hormigón (ACI Comité 244, 2001)

El secado descrito previamente no ocurre de una manera uniforme, pues el hormigón empieza secándose desde su superficie hacia su núcleo, por lo que el agrietamiento ocurre inicialmente en la superficie y con el tiempo penetrarán de manera profunda en el elemento (ACI Comité 244, 2001; ACI Comité 244, 2007).

Según ACI Comité 244 (2001) la tasa de evaporación de la humedad depende de varios factores y según ACI Comité 244 (2007) el cambio de volumen depende de otros factores, a su vez estos factores dependen de otros.

Para un mejor entendimiento de estas dependencias, se presenta la Ilustración 22 en donde se observa que el agrietamiento por retracción por secado depende fundamentalmente de la tasa de evaporación y del cambio de volumen.

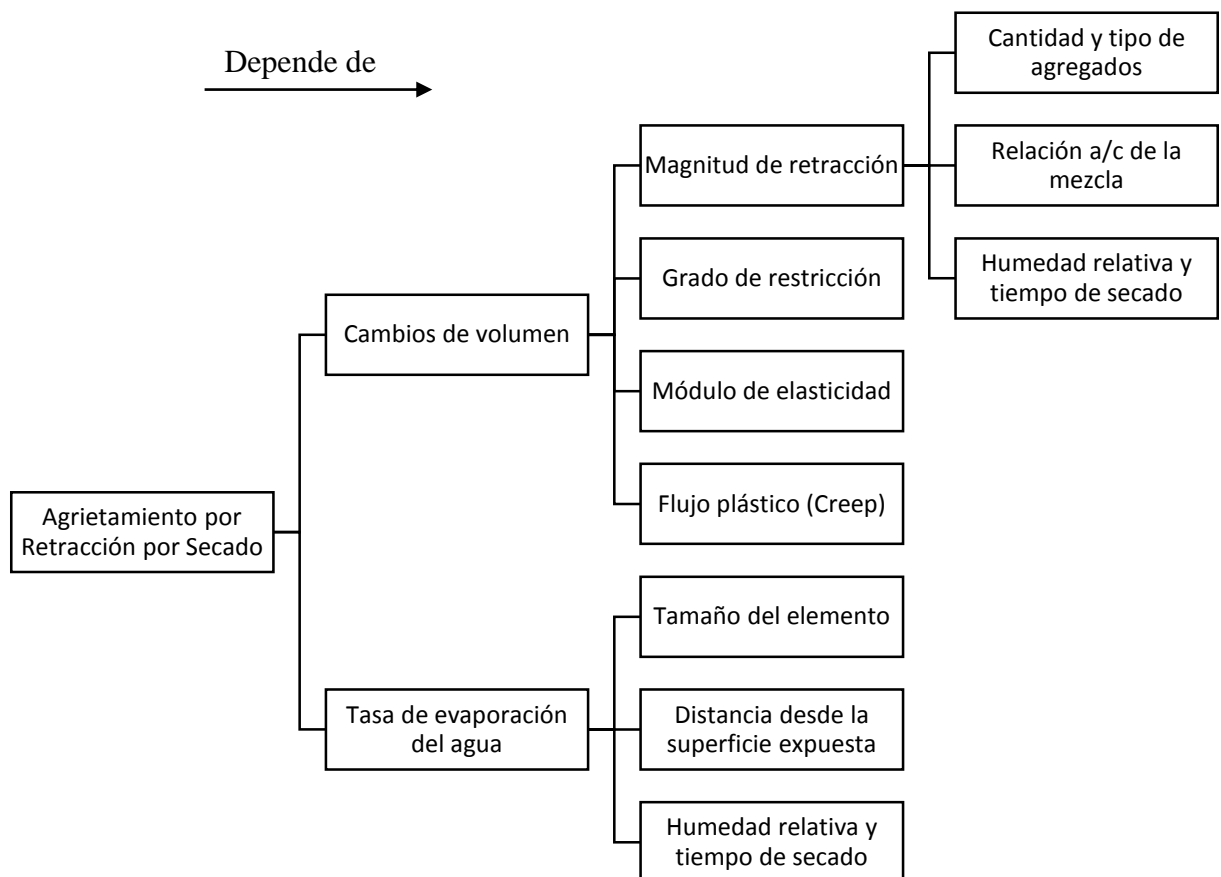


Ilustración 22: Dependencias del agrietamiento por Retracción por Secado

- Cantidad y tipo de agregados; relación agua/cemento de la mezcla

La magnitud de retracción depende de la cantidad y tipo de agregados, la relación agua/cemento presente en la mezcla y la humedad relativa y el tiempo de secado. La cantidad y tipo de agregados y la relación agua/cemento de la mezcla están ligados entre sí, pues, los agregados proveen una restricción elástica a la retracción, mientras que el agua produce una expansión del hormigón. Por lo tanto, a mayor cantidad de agregado y menor contenido de agua tenga la mezcla, menor será la retracción por secado como se aprecia en la Ilustración 23 e Ilustración 24 (ACI Comité 209, 2005; ACI Comité 244, 2001; ACI Comité 244, 2007).

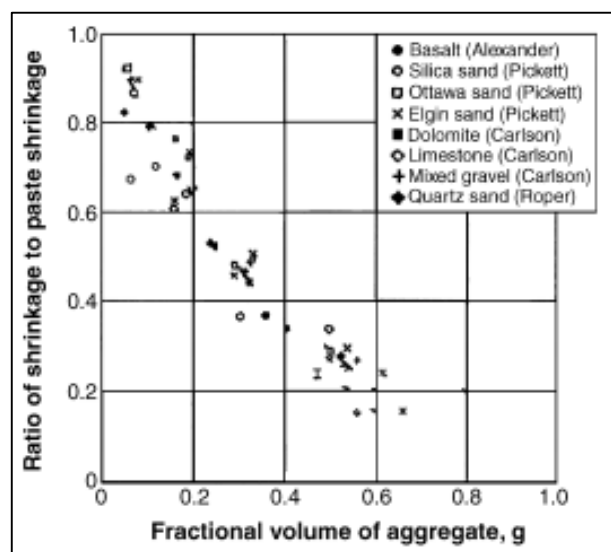


Ilustración 23: Dependencia de la retracción del volumen de agregados (ACI Comité 209, 2005)

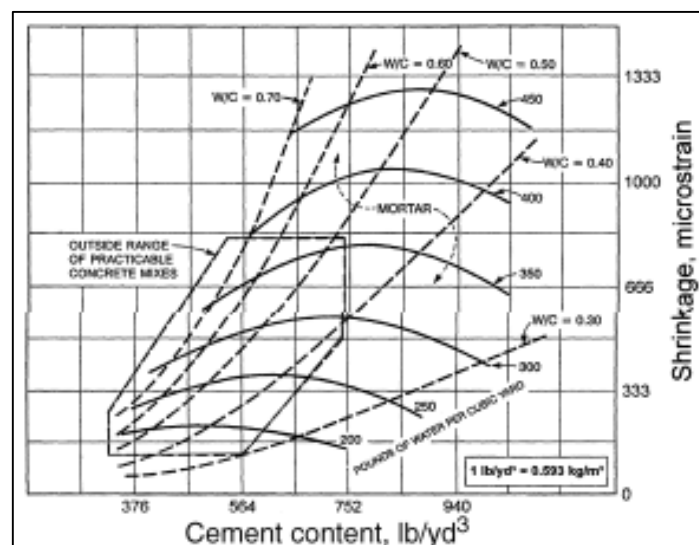


Ilustración 24: Dependencia de la retracción de la relación agua/cemento de la mezcla (ACI Comité 209, 2005)

- **Humedad relativa y tiempo de secado**

Por su lado la humedad relativa y el tiempo de secado del hormigón (como se observa en la Ilustración 25) producen una reducción de la retracción, es decir a mayor humedad relativa, menor será la retracción (ACI Comité 244, 2001; ACI Comité 244, 2007).

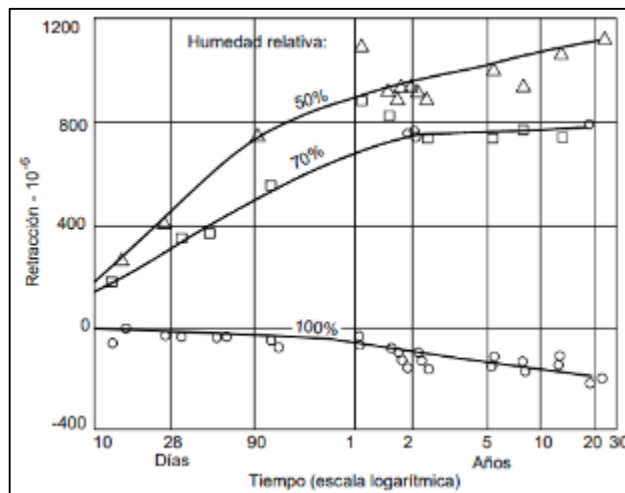


Ilustración 25: Dependencia de la retracción del tiempo de secado y la humedad relativa. Tiempo a partir del final del curado húmedo a 28 días (Troxell, Raphael, & Davis, 1958)

- **Módulo de elasticidad y flujo plástico (Creep)**

El módulo de elasticidad y el fenómeno de flujo plástico son factores relacionados directamente con la resistencia del hormigón, de los cuales mientras mayores sean sus valores, menor será la retracción como se observa en la Ilustración 26 (ACI Comité 209, 2005; ACI Comité 244, 2001; ACI Comité 244, 2007).

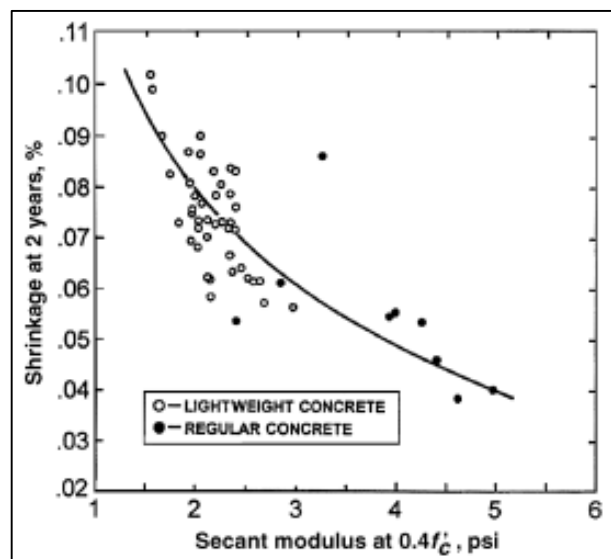


Ilustración 26: Dependencia de la retracción del módulo de elasticidad (ACI Comité 209, 2005)

- **Tamaño del elemento**

Un estudio presentado por Bryant & Vadhanavikkit (1987) demuestra que mientras mayor es el tamaño del elemento, menor es la retracción como se indica en la Ilustración 27.

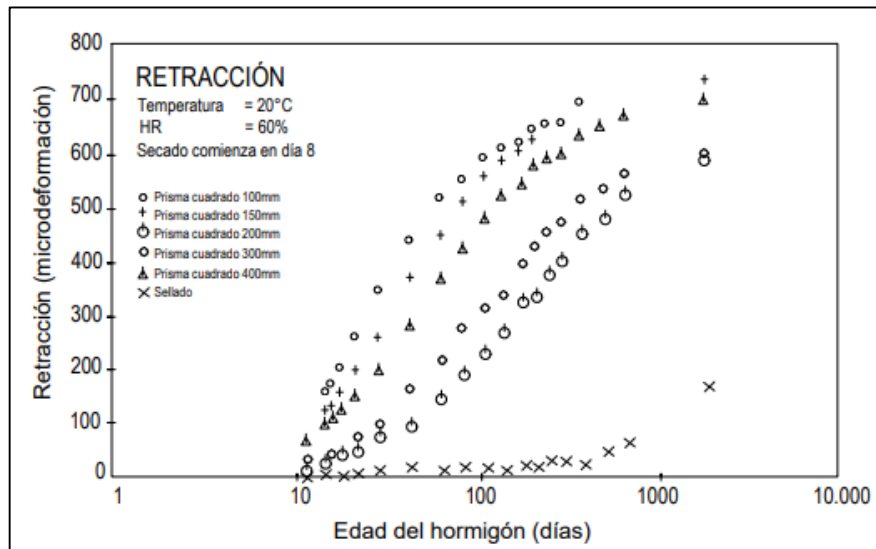


Ilustración 27: Dependencia de la retracción por secado del tamaño del elemento (Bryant & Vadhanavikkit, 1987)

- **Restricción interna: posición de las fibras**

Adicionalmente ACI Comité 244 (2001 y 2007) indican que la retracción es mayor en zonas más alejadas al centro del elemento (menos húmedas), pues en el núcleo del elemento se presentan fuerzas de compresión, mientras que, en las superficies, fuerzas de tracción como se observa en la Ilustración 28.

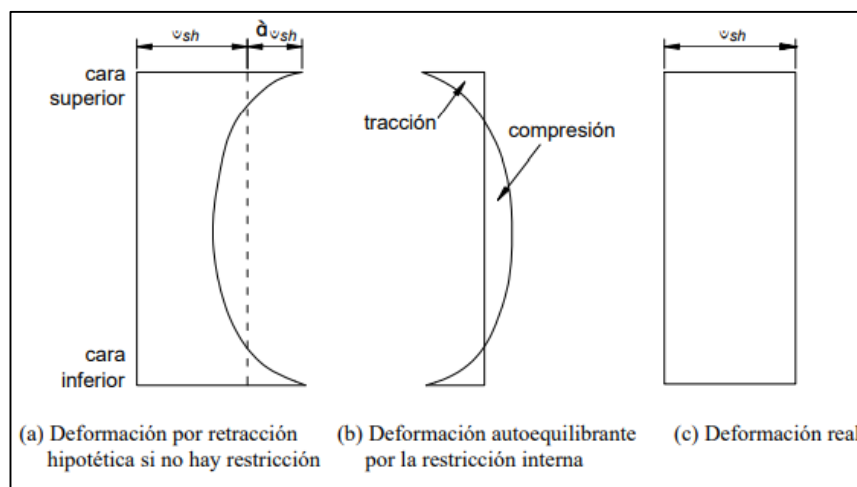


Ilustración 28: Dependencia de la retracción por secado de la ubicación de la fibra (ACI Comité 244, 2001)

Resumiendo, en la Tabla 1 se presentan en qué condiciones deberían presentarse los diversos factores (presentados en la Ilustración 22) para que la retracción por secado del hormigón disminuya.

Tabla 1: Condición de factores para disminución de retracción por secado

Factor	Efecto para disminuir la retracción
Cantidad y tipo de agregados	Aumentar
Relación a/c de la mezcla	Aumentar
Humedad relativa y tiempo de secado	Aumentar
Grado de restricción	Disminuir
Módulo de elasticidad	Aumentar
Resistencia del hormigón	Aumentar
Flujo plástico (Creep)	Disminuir
Tamaño del elemento	Aumentar
Distancia desde la superficie expuesta	Aumentar

Tabla de elaboración propia, tomando como referencia los factores presentados en ACI Comité 209 (2005) y ACI Comité 244 (2001; 2007)

2.2.3.2. *Tensiones de origen térmico*

En este caso las fisuras se producen debido a las diferencias de temperatura en las fibras existentes en el interior del elemento de hormigón las cuales “pueden ser provocadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades, o por condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura hasta una mayor temperatura o con una mayor velocidad que otra.” (ACI Comité 244, 2007, pág. 4)

Existen varias razones para que se presenten dichas gradientes de temperatura, entre ellas está que el núcleo del elemento de concreto se calienta más que las superficies de este debido al calor liberado durante la hidratación del cemento (proceso químico); la otra razón es que las superficies se enfrían más rápido que la parte central. Este fenómeno provoca en el concreto algo similar que, en la retracción por secado, es decir que se generen cambios diferenciales de volumen en el elemento, produciéndose fuerzas de tracción dentro del mismo, las que al superar la baja resistencia a tracción del hormigón producen fisuras en este (ACI Comité 244, 2007).

A este fenómeno se le suma la diferencia en la deformación que presenta el hormigón y el acero de refuerzo, como indica Pérez (s.f.): “la deformación correspondiente a la fisuración del hormigón es del orden de 0.1% mientras que el acero se plastifica para una deformación del orden del 2%.” (Salgado, 2010, pág. 46)

2.2.3.3. *Reacciones químicas*

“Algunas reacciones químicas pueden provocar la fisuración del hormigón. Estas reacciones pueden ser producto de los materiales utilizadas para preparar el hormigón, o de los materiales que están en contacto con el hormigón una vez endurecido.” (ACI Comité 244, 2007, pág. 4)

2.2.3.4. *Meteorización*

Los procesos de meteorización que pueden provocar fisuración incluyen el congelamiento, deshielo, humedecimiento, secado, calentamiento y enfriamiento. En general la fisuración provocada por los procesos naturales de meteorización es conspicua, y puede dar la impresión de que el hormigón está a punto de desintegrarse, aun cuando el deterioro no haya progresado mucho debajo de la superficie. Los daños (ACI Comité 244, 2007, pág. 5).

2.2.3.5. *Corrosión de las armaduras*

Verbeck (1975), citado por ACI Comité 244 (2007) explica que diversas reacciones químicas entre el acero de refuerzo y el hormigón generan corrosión y aumento de volumen en las armaduras, mismo que provocan alrededor en estas tensiones radiales de estallido y posteriormente fisuras puntuales las cuales se pueden propagar longitudinalmente en la barra o provocar fisuras en el hormigón. También se puede formar fisuración laminar cercana a la superficie cuando esta corrosión genera una fisura ancha en un plano de varillas paralelas a dicha superficie.

2.2.3.6. *Prácticas constructivas inadecuadas*

La falta de conocimiento o experiencia de operadores del hormigón deriva en la fisuración de este. Entre los errores comunes están el agregarle agua al concreto para mejorar su trabajabilidad, aumentando así su retracción por secado y disminuyendo su resistencia, para lo cual se suele agregar cemento (otro grave error); la falta de curado o terminar el curado antes de tiempo también aportan a la retracción; la falta de apoyo para los encofrados así como la compactación y vibrado inadecuado provocarán asentamiento y fisuración en el concreto; por último la ubicación errónea de juntas de construcción provocará abertura en puntos de alta tensión (ACI Comité 244, 2007).

2.2.3.7. *Sobrecargas durante la construcción*

Por lo general, son más exigentes las solicitaciones a una estructura en fase de construcción que aquellas en fase de operación. Desgraciadamente, esta problemática ocurre cuando el hormigón es joven, sin llegar a su resistencia total, siendo vulnerable al daño y a una fisuración permanente (ACI Comité 244, 2007).

2.2.3.8. *Errores de diseño y detallado*

En este apartado se encuentran el uso de ángulos mayores a 180° faltos de detalle en esquilas de losas, elementos premoldeados y muros; el error en selección y/o detallado de aceros de refuerzo; excesiva restricción en elementos que van a tener grandes cambios de volumen por humedad y temperatura; la falta o mal uso de juntas de contracción; y el mal diseño de fundaciones que producirán asentamientos diferenciales en la estructura y sus elementos (ACI Comité 244, 2007).

2.2.3.9. *Cargas aplicadas externamente*

Las fuerzas de tracción que generan las cargas sobre el hormigón generan fisuras, lo cual es normal y aceptado por entidades de diseño de concreto (ACI 318 y AASHTO), quienes en sus procedimientos usan refuerzo no solo para resistir dichas fuerzas sino para que exista una correcta distribución de la fisuración y que exista una limitación coherente y razonable en el ancho de estas. (ACI Comité 244, 2007).

Adicionalmente en la Tabla 2, expuesta por ACI Comité 244 (2001), se presenta una guía de los anchos de fisura a esperar en elementos de hormigón armado debido a distintas condiciones.

Tabla 2: Anchos de fisura esperados en elementos de hormigón armado (ACI Comité 244, 2001, pág. 22)

Condiciones de Exposición	Ancho de fisura (mm.)
Aire seco o membrana protectora	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,30
Productos químicos descongelantes	0,18
Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado	0,15
Estructuras para retención de agua	0,10

Es de esperar que una parte de las fisuras de la estructura superarán estos valores. Con el tiempo, el porcentaje de fisuras que superan estos valores puede ser significativo.

2.2.4. Control de agrietamiento en losas mediante acero de refuerzo

Como ya se expuso en subcapítulos anteriores, el agrietamiento del hormigón es un problema que debe ser prevenido antes de su aparición, controlado y reparado si este llegara a aparecer. Existen una infinidad de metodologías para estos fines, entre los citados por ACI Comité 244 (2007) están:

- “Restablecer y aumentar la resistencia;
- Restablecer y aumentar la rigidez
- Mejorar la funcionalidad;
- Lograr impermeabilidad;
- Mejorar la apariencia de la superficie de hormigón;
- Mejorar la durabilidad; y/o
- Impedir que se desarrolle un ambiente corrosivo en las armaduras.”

Para fines de esta investigación se dará enfoque principalmente a la primera, la cual consiste en aumentar la baja resistencia a tracción del hormigón por medio del reforzamiento este con acero, orientando todos los conceptos a sistemas de losas. La bibliografía en general llama a esta técnica *refuerzo o acero de retracción y temperatura*.

En las secciones 2.2.2.1 (pág. 33), 2.2.3.1 (pág. 37) y 2.2.3.2 (pág. 42) de esta investigación ya se han presentado las razones principales por las cuales se producen esfuerzos de tracción dentro del concreto las cuales, debido a su baja resistencia esta (aproximadamente el 10% de su capacidad a compresión) generan fisuras. Para contrarrestar este efecto, “es necesario suplirle un soporte o elemento que pueda soportar esta carencia, y ese soporte es normalmente el acero estructural ya que posee una resistencia a tensión de más de 100 veces la del concreto.” (Revista ARQHYS, 2012)

Un refuerzo colocado en forma correcta y en cantidades adecuadas no sólo reducirá la cantidad de agrietamiento, sino que evitará agrietamientos desagradables. Al distribuir las deformaciones de contracción a lo largo del refuerzo, el cual pasa a través de los esfuerzos de adherencia, las grietas se distribuyen de tal manera que aparecerá un mayor número de grietas, pero serán más finas en lugar de algunas grietas anchas. (...) es práctico el uso del acero de refuerzo para reducir el agrietamiento en un concreto de sección relativamente delgada (ACI Comité 224, 1990, pág. 55).

2.2.4.1. *Acero de refuerzo en una y dos direcciones (varillas de acero)*

Cuando la losa dispone de armadura de refuerzo principal a flexión en una sola dirección, el acero de retracción y temperatura se colocará en dirección perpendicular a esta, de modo que los esfuerzos generados por estos factores sean absorbidos en las dos direcciones de acción, minimizando la fisuración y amarrando la estructura, garantizando su comportamiento como lo supuesto en el diseño (ACI Comité 318, 2014).

Cuando la losa dispone de armadura de refuerzo principal a flexión en las dos direcciones, el acero de retracción y temperatura será igual que el usado para flexión, de modo que los esfuerzos generados por estos factores sean absorbidos en las dos direcciones de acción (ACI Comité 318, 2014).

Adicionalmente, ACI Comité 318 (2014) afirma que “tanto el refuerzo inferior como el superior son efectivos para contralar la fisuración. Las franjas de control dejadas durante el período de construcción para permitir la retracción inicial sin que se generen incrementos de esfuerzos (...)” reducen efectivamente la fisuración que causa la restricción. Este Comité también indica que el área de refuerzo requerido puede ser distribuida cerca de la cara superior o inferior de la losa, o entre las dos caras, como se considere mejor para el fin establecido.

Las varillas de acero son denominadas en el sistema métrico dependiendo del número de varillas, su diámetro en milímetros y su espaciamiento como se indica en el ejemplo de la Ilustración 29.

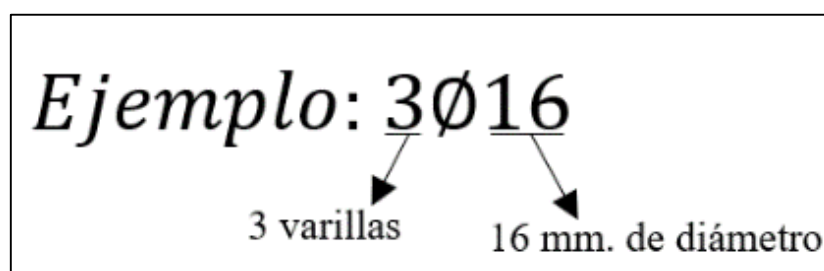


Ilustración 29: Denominación de varillas de acero (sistema métrico)

El área mínima de refuerzo para este fin, así como el espaciamiento máximo entre las varillas utilizadas, su recubrimiento y su normativa ASTM a seguir son proporcionadas por ACI Comité 318 (2014) y ANSI/SDI (2017) e indicadas en la Tabla 3.

2.2.4.2. *Malla de acero electrosoldada (varillas de acero)*

La malla de acero electrosoldada cumple exactamente la misma función que el acero de refuerzo del numeral anterior. La diferencia está en que, sus varillas al estar fijadas entre sí tienen un mejor desempeño, y su diseño y dimensionamiento se rige al Manual de Prácticas estándar de Malla de Acero Electrosoldada para Refuerzo (WRI: Wire Reinforcement Institute, s.f.).

Según WRI: Wire Reinforcement Institute (s.f.), la nomenclatura de mallas de acero electrosoldadas es: (como en el ejemplo de la Ilustración 30 e Ilustración 31):

- A: Espaciamiento longitudinal de la malla (pulgadas o mm.)
- B: Espaciamiento transversal de la malla (pulgadas o mm.)
- C: Tamaño de la varilla longitudinal de la malla (diámetro en el sistema métrico)
- D: Tamaño de la varilla transversal de la malla (diámetro en el sistema métrico)

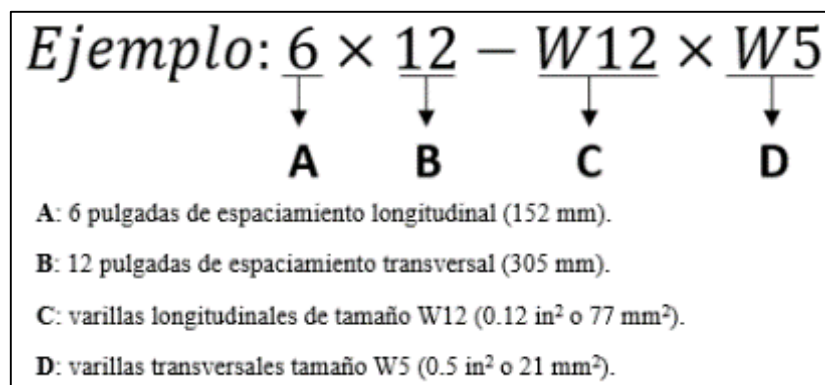


Ilustración 30: Denominación de la malla de acero electrosoldada (ANSI/SDI, 2017)

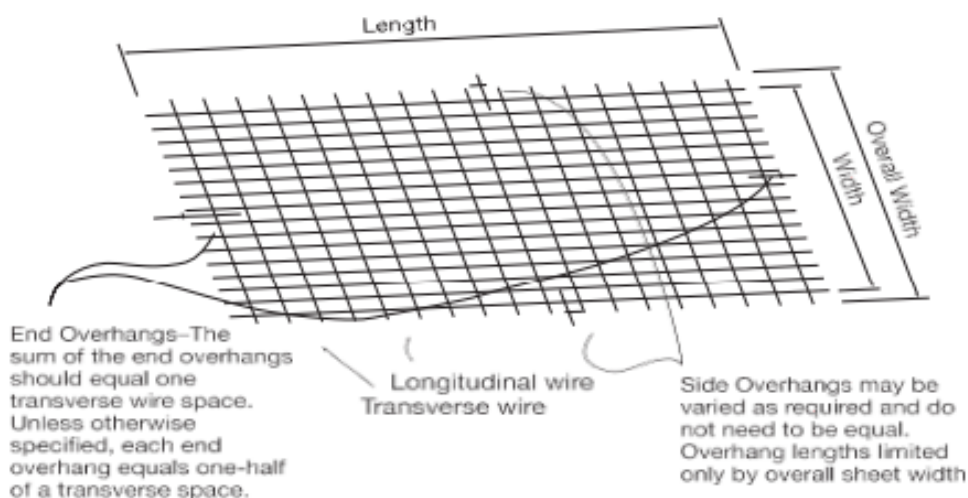


Ilustración 31: Nomenclatura de dimensionamiento de mallas de acero electrosoldadas (ANSI/SDI, 2017)

El área mínima de refuerzo para este fin, así como el espaciamiento máximo entre las varillas utilizadas, su recubrimiento y su normativa ASTM a seguir son proporcionadas por ACI Comité 318 (2014) y ANSI/SDI (2017) e indicadas en la Tabla 3.

Requisitos para varillas de acero

Los requisitos expuestos a continuación tanto para varillas de acero como para malla de acero electrosoldada son utilizados actualmente en el medio, son proporcionados y normados por ACI Comité 318 (2014) como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3: Refuerzo de retracción y temperatura en losas

Tipo de Refuerzo	fy (MPa)	Cuantía Mínima de Refuerzo	Esp. Máx. (cm)	Recub. Mín. (cm)	Normativa ASTM
Varillas corrugadas	< 420	0.0020			A970M
Varillas corrugadas o malla de acero electrosoldada	≥ 420	$\frac{0.0018 * 4200}{fy}$ > 0.0014	5h < 45	2,0	A184M

fy= esfuerzo máximo a tensión del acero de refuerzo en MPa; h= altura de la losa en cm.

Tabla de elaboración propia basada en los requisitos presentados en ACI Comité 318 (2014)

Cuando se trata de sistema de losa con placa colaborante Steel Deck, los valores para malla de acero electrosoldada de la

Tabla 3 se ven complementados por los requisitos especificados en ANSI/SDI (2017):

Se usará como refuerzo malla de acero electrosoldada o varillas de acero, para control y agrietamiento que no será usado para resistir esfuerzos de las cargas estructurales cuantificables, con un área mínima de 0.00075 veces el área de concreto sobre el deck (por pie o metro de ancho), pero no menos del área provista por la malla denominada 6x6-W1.4xW1.4 (152 x 152 mm-MW9xMW9) (ANSI/SDI, 2017).

La tabla proporcionada por ANSI/SDI (2017) expone las áreas para los distintos espaciamientos y tamaños de malla electrosoldada (Anexo 1). Para la malla solicitada en el párrafo anterior, de 6x6-W1.4xW1.4 se establece un área de $0,028 \frac{in^2}{ft}$ es decir aproximadamente $60 \frac{mm^2}{m}$.

2.2.4.3. *Fibras de acero (SFRC o HRF)*

En el medio actual, se establece también como método para la prevención de agrietamiento a la adición de fibras de acero en la mezcla de concreto, SFRC por sus siglas en inglés Steel Fiber Reinforced Concrete u hormigón reforzado con fibras (HRF). De una manera diferente a como actúan las varillas, al ser añadidas las fibras, cortas y discretas, se distribuyen en toda la masa de concreto, enlazando a los agregados gruesos entre sí y confiriendo a la mezcla un armado en tres dimensiones, la cual cose las grietas del hormigón controlando la formación de las fisuras, pues como en la Ilustración 32 se transfieren las tensiones de la pasta cementicia al acero de la fibra, evitando así la falla frágil del hormigón, permitiendo su comportamiento dúctil (Aire, 2011; Orbe, Rojí, Cuadrado, & Losada, 2015).

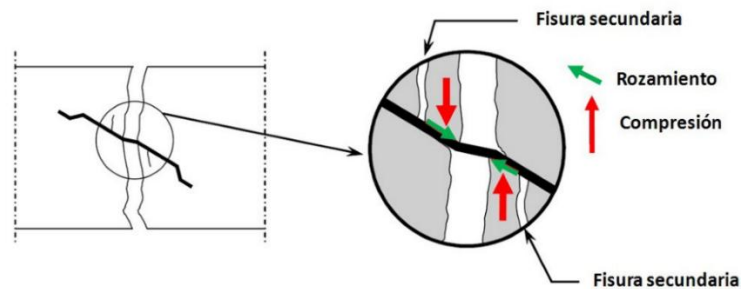


Ilustración 32: Proceso de transferencia de tensiones en fisura (Orbe, Rojí, Cuadrado, & Losada, 2015)

Estas fibras son según MIDUVI (2015) son un tipo especial de refuerzo, y se distribuyen en la masa del concreto de manera dispersa, en tres dimensiones y aleatoriamente. Sobre esto Orbe et al. (2015) menciona que aunque las fibras se presenten como elementos discretos, generan un grado de continuidad en el hormigón por lo tanto cuando este se agrieta no se separa.

Este procedimiento está siendo utilizado cada vez con mayor frecuencia pues no solo cumple fines de control de agrietamiento por contracción y temperatura, sino que el uso de este en elementos estructurales colabora además en comportamiento en ciclos de carga y descarga a flexión y corte, resistencia a impactos, tracciones debidas a gradientes térmicos, y a la durabilidad del concreto (MIDUVI, 2015; Orbe, Rojí, Cuadrado, & Losada, 2015).

Orbe et al. (2015) clasifica entonces de manera general a las fibras como estructurales cuando estas aportan energía de rotura al hormigón en masa y como no estructurales cuando estas generan una mejora en determinadas propiedades como el control de fisuración por retracción, abrasión, mayor resistencia al fuego, entre otros.

La denominación de estos elementos depende de la forma de la fibra, su diámetro equivalente y su longitud. A la relación entre su longitud y su diámetro se conoce como relación de aspecto (proporción o esbeltez), cuyo valor está entre 30 y 150, sin embargo, no se recomienda mayores a 100 debido a problemas que podrían presentarse como atascos en equipos de bombeo, deformación de las fibras, etc. (Orbe, Rojí, Cuadrado, & Losada, 2015).

Las fibras de acero para refuerzo de hormigón a nivel mundial se comercializan en una variedad de formas de acuerdo con su uso como se observa en la Ilustración 33.



Ilustración 33: Diferentes tipos y formas de fibras de acero, (Bekaert (mencionado en Orbe et al., 2015)).

Por lo tanto, como se observa en la Ilustración 34 se denomina a la fibra primero por las siglas por ejemplo ““CR” si son para control de retracción, “RF” si son para mejorar la resistencia al fuego, “O” en otros casos, etc.” (Institución Española del Hormigón Estructural, 2008, pág. 512), seguido por su relación de aspecto sobre su longitud; algunos fabricantes agregan al final otras denominaciones que indican distintas características de sus fibras, mismas que se pueden observar en sus respectivas fichas técnicas.

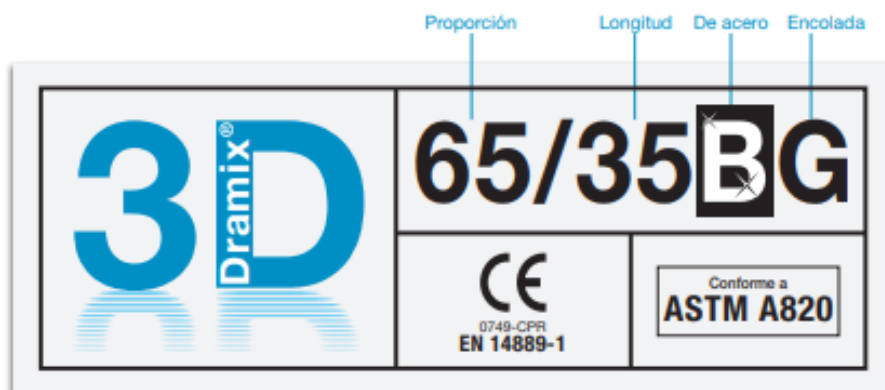


Ilustración 34: Ejemplo de nomenclatura de las fibras de acero (Bekaert, s.f.)

Requisitos para fibras de acero

ANSI/SDI (2017), en su Normativa para Losas de Entrepiso Compuestas Steel Deck (C-2017) considera que se puede utilizar fibras de acero que cumplan con ASTM A820, tipo I, tipo II o tipo V, con una dosificación especificada por el fabricante de fibras pero no menor a 14.8 kg/m^3 .

Ventajas de la fibra de acero frente a la malla de acero electrosoldada

Según el Zevallos (s.f.) existen varias ventajas tanto constructivas como técnicas en el uso de estas fibras frente al sistema convencional.

Ventajas constructivas:

- Al no tener que colocar un sistema de alzas para la malla, su complicada movilización, almacenaje, tendido y asegurado, se ahorra tiempo la elaboración de la losa.
- Se simplifica el proceso de instalación del acero para control de contracción, disminuyendo el riesgo de accidentes por tropezones que provoca la malla.

Ventajas técnicas

- Posee un alto módulo de Young $E\text{-mod}=200\text{GPa}$, de cinco a diez veces mayor al del concreto de $E\text{-concreto mod}=20\text{Gpa}$ (dependiendo del hormigón), ofreciendo ductilidad al elemento de hormigón armado.
- Resistencia a la tracción mínima de 1000Mpa dos veces mayor a la de la malla electrosoldada de 500Mpa .
- El refuerzo no se ubica en un solo plano bidimensional, sino que se esparce en todo el espesor de la losa, controlando las fisuras de forma tridimensional como en la Ilustración 35

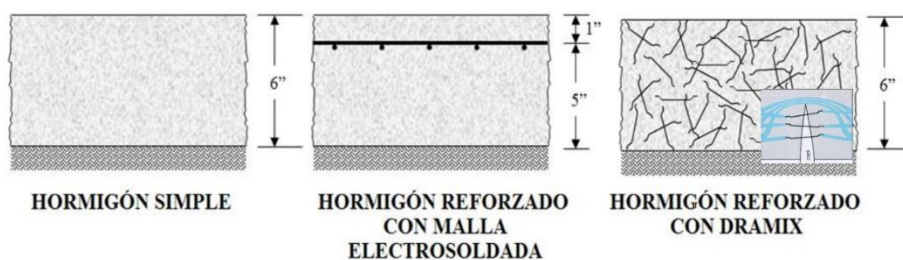


Ilustración 35: Comparación refuerzo de contracción y temperatura

CAPÍTULO III: PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Habiéndose mencionado entonces en los capítulos anteriores que es necesario la colocación de acero de refuerzo en el hormigón para controlar la aparición de fisuras sobre este, siéndole el método de colocación de malla electrosoldada de acero el tradicional y habiéndose ya trabajado e investigado con el reemplazo de dicha malla por las fibras de acero descritas, se propone evaluar que método es más efectivo.

Aire (2011) define en su artículo dos métodos para evaluar el apareamiento de dichas fisuras, el método de espécimen tipo losa con restricciones perpendiculares definidas por ASTM C1579 y el método del espécimen tipo anillo definido por ACI 544.2R.

El autor menciona también que ambas técnicas son muy efectivas para mediciones en laboratorio, pero que sin embargo los esfuerzos y en consecuencia las fisuras que se generan por estos métodos son diferentes a las que ocurren en obra.

Por cuestiones de facilidad en obtención y fabricación de equipos de ensayo, para esta investigación se utilizó el método de ensayo definido por ASTM C1579, sin embargo, para intentar disminuir la incertidumbre entre lo producido en laboratorio y en obra, como se mencionó en el párrafo anterior, no se usó las restricciones que indica la normativa, sino que se utilizó una porción de losa deck.

Se propone entonces trabajar con la normativa de ensayo ASTM C1579 (Standard test method for evaluating plastic shrinkage cracking of reinforced concrete using a steel form insert) el cual evalúa el patrón de fisuración superficial producido por la retracción plástica del hormigón en losetas rectangulares de hormigón reforzado con fibras y lo compara con el mismo parámetro de losetas rectangulares de hormigón de control (sin fibras).

Adicionalmente a cuenta propia (no especificado en la norma) se ha evaluado el mismo fenómeno colocando malla de acero electrosoldada en la parte superior de la loseta con la finalidad de cumplir con el objetivo comparativo de esta investigación, es decir que se permita evaluar cómo reaccionan ambos productos a las mismas condiciones.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA DE ENSAYO

En este apartado se definirá a detalle el Método de Ensayo para Evaluar la Fisuración por Contracción Plástica de Hormigón Reforzado con Fibras con Restricciones (Usando Fibras de Acero) definido por ASTM C1579-13 (traducción de la norma).

3.2.1. Alcance

El método de ensayo compara la superficie fisurada de paneles de hormigón reforzado con fibras de acero con la superficie fisurada de paneles de hormigón de control sujetas a condiciones establecidas de restricción y evaporación, produciendo fisuras antes del fraguado final del hormigón (ASTM, 2013).

3.2.2. Resumen del método de ensayo

Se preparan paneles rectangulares de hormigón, tanto de control (sin fibras) como con fibras, bajo determinadas condiciones, a los cuales se les inducirá fisuras en su superficie por contracción plástica. Para producir este efecto se los somete a condiciones atmosféricas controladas que produzcan una elevada evaporación de al menos $1\text{kg/m}^2/\text{h}$ para lo cual se debe tener una velocidad, humedad y temperatura aproximadas de 4.7 m/s ; 30% y 36°C respectivamente; los paneles estarán dentro de la cámara ambiental hasta que se produzca el fraguado final del hormigón, controlado por la normativa de ensayo ASTM C403. Esto producirá la evaporación del agua de exudación superficial e inducirá la contracción plástica del concreto, provocando las fisuras deseadas en la superficie, las cuales posteriormente serán evaluadas por su ancho promedio como una tasa de reducción de fisura o CRR (ASTM, 2013; Aire, 2011).

La normativa establece que se hagan lecturas de ancho de fisura a las 24 horas después del mezclado inicial, sin embargo, para ampliar la investigación se ha decidido hacer lecturas también a los 7 días y a los 28 días en los que el hormigón llegará a su resistencia de diseño.

3.2.3. Uso del método

El método está destinado a evaluar los efectos de la evaporación, asentamiento y contracción autógena temprana en el desempeño a la fisuración por contracción plástica del hormigón reforzado con fibras, por varias horas y hasta el tiempo de fraguado final.

Los valores obtenidos en este ensayo podrían ser utilizados para comparar el comportamiento de hormigón con distintas porciones de mezcla, con o sin fibras, conteniendo distintas dosificaciones y tipos de fibras, y conteniendo varias dosificaciones y tipos de aditivos. Para una comparación significativa, las condiciones de evaporación durante el ensayo deberán ser suficientes para producir un ancho promedio de fisura de al menos 0.5mm en los paneles de control. Adicionalmente, el rango de evaporación del agua libre superficial deberá estar entre el rango de $\pm 5\%$ entre cada prueba.

El método controla variables atmosféricas para cuantificar un comportamiento relativo de una mezcla fresca de hormigón determinada. Ya que otras variables como la finura del cemento, la gradación de los agregados y su volumen, procedimientos de mezclado, asentamiento, contenido de aire, temperatura del hormigón y acabado de la superficie pueden influir drásticamente en fisuración, deberá ponerse mucha atención de mantener estos parámetros tan consistentes como sean posibles en todas las mezclas (ASTM, 2013).

3.2.4. Equipos

3.2.4.1. Moldes

Para tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19mm, se usará un molde con profundidad de 100 ± 5 mm y dimensiones rectangulares de 355 ± 10 mm por 560 ± 15 mm como se indica en la Ilustración 36. Para agregados mayores, la profundidad será de al menos 65mm más dos veces el tamaño máximo del agregado grueso. El molde podrá ser fabricado de metal, plástico o madera (de baja absorción de humedad, ligera y rígida) (ASTM, 2013).

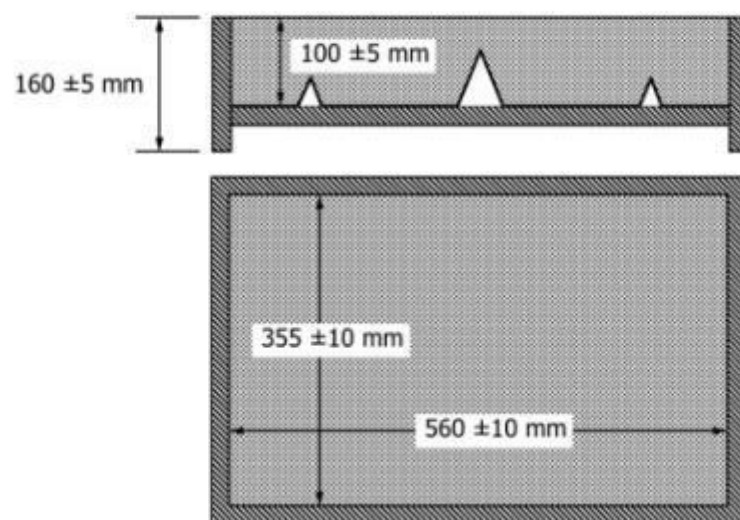


Ilustración 36: Dimensiones del molde de loseta de ensayo (ASTM, 2013, pág. 2)

3.2.4.2. *Restricciones internas*

Las dimensiones de las restricciones internas están especificadas en la Ilustración 37. Podrá ser fabricada con una placa de metal de 1.2 ± 0.05 mm. La punta central servirá como punto inicial de fisuración. Usar una capa de aceite sobre todo el molde para reducir la conexión entre el metal y el hormigón (ASTM, 2013).

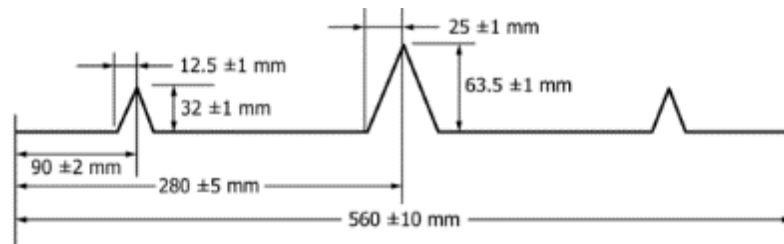


Ilustración 37: Geometría de las restricciones internas (ASTM, 2013, pág. 2)

3.2.4.3. *Ventilador de velocidad variable*

El ventilador utilizado debe ser capaz de alcanzar una velocidad de viento de más de 4.7 m/s sobre toda el área superficial del panel (ASTM, 2013).

3.2.4.4. *Caja de ventilación o cámara ambiental*

Una caja de ventilación es un método para producir un flujo de aire uniforme sobre el área superficial del panel como se observa en la Ilustración 38, con una cubierta clara para poder observar la fisuración y mantener el flujo deseado (ASTM, 2013).

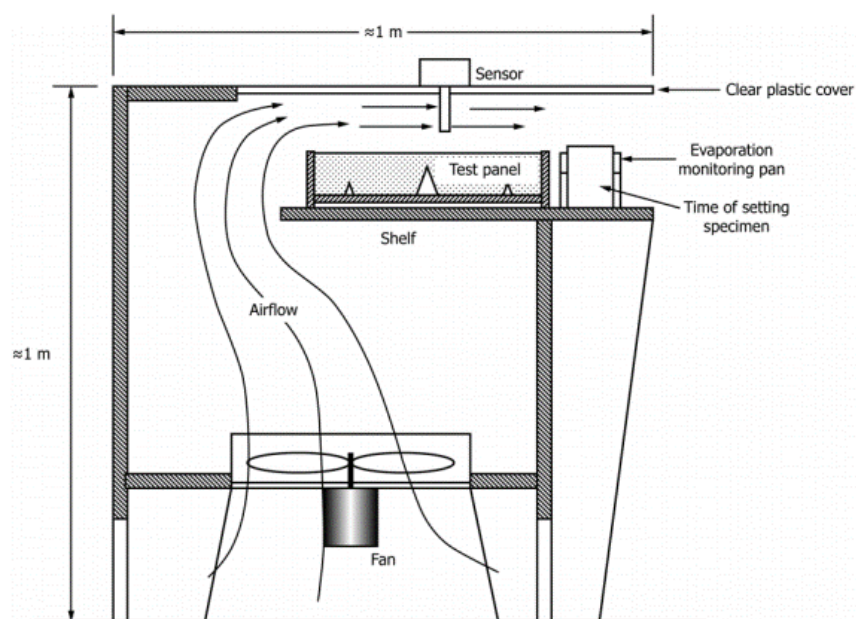


Ilustración 38: Elevación de caja de ventilación (ASTM, 2013, pág. 4)

Otro método para producir dicho flujo es el uso de una cámara ambiental especialmente diseñada para este fin como se indica en la Ilustración 39 .

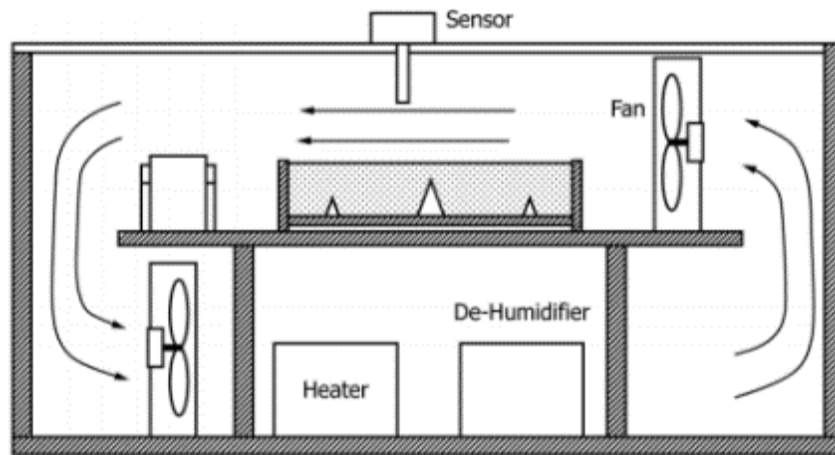


Ilustración 39: Elevación de cámara ambiental (ASTM, 2013, pág. 5)

Un calefactor, humidificador y deshumidificador comercial pueden ser usados para mantener las condiciones requeridas. En ambos casos (Ilustración 38 e Ilustración 39) el panel de pruebas estará expuesto a una tasa de evaporación de al menos $1.0 \text{ kg/m}^2\text{h}$ para lo cual la temperatura deberá mantenerse a $36 \pm 3^\circ\text{C}$, humedad relativa de $30 \pm 10\%$ y velocidad de viento especificada en el apartado anterior. Si se quiere lograr una mayor fisuración se puede aumentar este último parámetro (ASTM, 2013).

3.2.4.5. Sensores

Para medir los parámetros del apartado anterior se usará un sensor de temperatura con precisión de 0.5°C , de humedad con precisión del 1% y de viento con precisión de 0.1 m/s (ASTM, 2013).

3.2.4.6. Plataforma de vibrado

Se usará cualquier aparato de vibrado que pueda consolidar totalmente los paneles de prueba que cumpla con los requerimientos mínimos de frecuencia de ASTM C192 (ASTM, 2013).

3.2.4.7. Equipo de acabado de superficie

Usar el equipo adecuado para el acabado de la superficie como paletas, maestras, bailejos, llanas, etc. (ASTM, 2013).

3.2.4.8. *Recipiente de monitoreo*

Se requiere un recipiente para exponer agua a la corriente de aire. Los costados del recipiente deben ser verticales. Debe ser del tamaño adecuado para exponer al menos $0.1 \pm 0.01 \text{m}^2$ de agua a la corriente de aire. El borde expuesto del recipiente no debe sobrepasar 5mm al nivel del agua al inicio del ensayo (ASTM, 2013).

3.2.4.9. *Balanzas*

Si se requiere la pérdida total de humedad, pesar los paneles de prueba en una balanza de al menos 100kg de capacidad y precisión de 0.1% del peso del ensayo. Para pesar el recipiente de monitoreo usar una balanza de al menos 3kg y precisión de 5g. (ASTM, 2013).

3.2.4.10. *Equipo de medición de fisuras*

Un microscopio óptico portátil, un comparador de fisuras o un sistema de análisis de imagen pueden ser usados. El equipo debe ser capaz de medir al menos 0.05mm de ancho de fisura (ASTM, 2013).

3.2.5. *Muestreo de especímenes de prueba, unidades de prueba*

Los paneles deben ser mezclados y muestreados de acuerdo con ASTM C172 y ASTM C192, usando la misma fuente de materiales y procedimientos de preparación, mezcla y acabado. Ensayar al menos dos probetas por cada prueba, tanto para hormigón de control como para hormigón con fibras con las mismas proporciones de mezcla (ASTM, 2013).

3.2.6. *Procedimiento*

- Determinar el asentamiento de cada mezcla de acuerdo con ASTM C143.
- Fabricar especímenes para tiempo de fraguado del hormigón de acuerdo con ASTM C403, si para el hormigón con fibras el tamizado húmedo no puede ser realizado de forma correcta, usar una muestra de hormigón de control. Colocar la muestra de tiempo de fraguado en el flujo de aire para que esté expuesto a las mismas condiciones ambientales que los paneles de contracción plástica.
- Llenar el molde en una sola capa. Consolidar con el método de vibración hasta que el concreto esté aproximadamente nivelado con la parte superior del molde. Pasar la maestra de forma perpendicular a las restricciones 3 veces.

- Pasar la paleta un determinado número de veces, si se va a determinar la pérdida de humedad total se debe limpiar y remover cualquier partícula de concreto adherida al exterior del molde y pesar el molde con hormigón fresco.
- Colocar el espécimen en la cámara ambiental bajo el flujo de aire y encender el ventilador, la evaluación de fisuración inicia en este punto.
- Al inicio del ensayo y en intervalos de 30 minutos, registrar la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del flujo de aire a 100 ± 5 mm sobre la superficie del panel. Si se requiere, registrar el tiempo de aparición de la primera fisura. Ejecutar ensayos de penetración en intervalos regulares de tiempo de acuerdo con ASTM C403. Continuar registrando las variables ambientales hasta el tiempo de fraguado final.
- La tasa de evaporación se determina pesando inicialmente el recipiente de monitoreo lleno al inicio de la prueba y en intervalos de 30 minutos. Registrar la pérdida de masa con precisión de 5g en cada pesaje. Para determinar la tasa de evaporación durante cada intervalo, dividir la masa perdida entre cada pesaje para el área superficial del agua en el recipiente y el intervalo de tiempo entre pesajes sucesivos. El ensayo no es válido si el promedio de tasa de evaporación es menos de $1.0 \text{ kg/m}^2/\text{h}$.
- Después de que ocurra el fraguado final, registrar las variables atmosféricas, registrar el tiempo y apagar el ventilador, determinar la pérdida total de agua en el recipiente de monitoreo. Si se va a determinar la pérdida total de humedad del panel se lo debe pesar al final de la prueba. Almacenar los paneles en laboratorio a $23\pm 2^\circ\text{C}$.

3.2.7. *Cuantificación de fisuras*

- Medir el ancho superficial de las fisuras en los paneles a las 24 ± 2 h del mezclado.
- Despreciar fisuras hasta a 25mm desde el borde del panel.
- Medir el ancho de cada fisura a lo largo del patrón de fisuración de un lado a otro del panel. Si se va a medir de forma manual, usar un comparador de fisuras o un microscopio óptico para medir el ancho con 0.1mm de precisión cada 10 ± 1 mm a lo largo de esta. Repetir el proceso hasta que todas las fisuras hayan sido medidas. Si se va a usar un procedimiento de análisis de imagen, registrar los anchos de fisura a la misma distancia. La superposición de imágenes adyacentes debe ser eliminada para prever mediciones duplicadas. Registrar todos los anchos de fisura para calcular el ancho promedio de fisura del panel.

- Calcular la tasa de reducción de fisuras (CRR: crack reduction ratio) con la ecuación:

$$CRR = \left[1 - \frac{\text{Promedio de anchos de fisura de la mezcla de hormigón reforzado con fibra}}{\text{Promedio de anchos de fisura de la mezcla de hormigón de control}} \right] \times 100\%$$

(ASTM, 2013).

3.2.8. Precisión

La desviación estándar en el valor de CRR para un mismo operador usando tres paneles fue del 4.6% (ASTM, 2013).

3.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

3.3.1. Agregados

Los agregados fueron tomados de la cantera de Guayllabamba. La caracterización de los agregados se calculó mediante hojas de cálculo en Excel de elaboración propia.

3.3.1.1. Granulometría de los agregados (ASTM C136)

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO									
Muestra N°	1	2	Promedio						
Masa inicial (gr)	10000	10000	10000						
Malla No.	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasa Acumulado	Límites Permitidos % Pasa Acumulado	
1 1/2"	38.1	0	0	0	0.0%	0.0%	100.0%	100%	100%
1"	25.4	125	165	145	1.3%	1.3%	98.8%	95%	100%
3/4"	19	2620	2615	2617.5	26.2%	27.5%	72.6%	60%	80%
1/2"	12.7	4780	4730	4755	47.8%	75.3%	24.8%	25%	60%
3/8"	9.51	1490	1510	1500	14.9%	90.2%	9.9%	16%	40%
No.4	4.76	915	895	905	9.2%	99.3%	0.7%	0%	10%
Pasa No. 4	-	65	80	72.5	0.7%	100.0%	0.1%	0%	0%
Masa final (gr)	9995	9995	9995	100.0%					
% material perdido	0.05%	0.05%	0.05%						

Tabla 4: Granulometría de agregado grueso

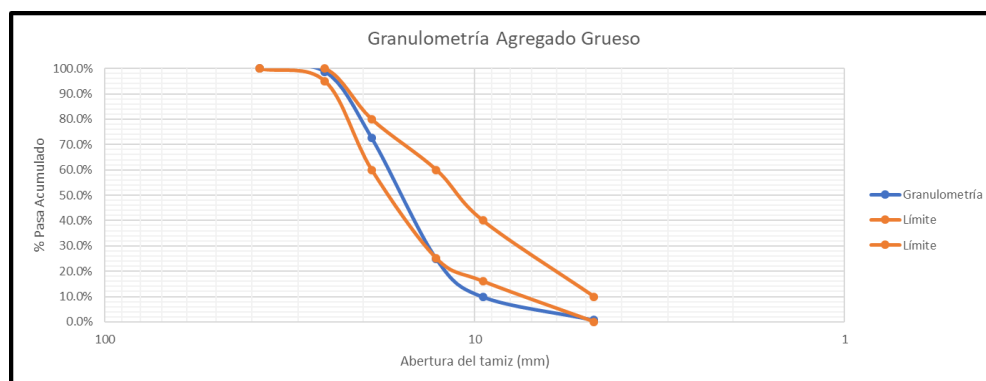


Ilustración 40: Granulometría del agregado grueso

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO							
Muestra N°		3					
Masa inicial (gr)		600					
Malla No.	Abertura (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasa Acumulado	Límites Permitidos % Pasa Acumulado	
3/8"	9.51	0	0%	0%	100%	100%	100%
No.4	4.76	20	3%	3%	97%	95%	100%
No.8	2.36	165	28%	31%	69%	80%	100%
No.16	1.18	125	21%	52%	48%	50%	85%
No.30	0.6	90	15%	67%	33%	25%	60%
No.50	0.3	85	14%	81%	19%	5%	30%
No.100	0.15	60	10%	91%	9%	0%	10%
Pasa No. 100	-	55	9%	100%	0%	0%	0%
Masa final (gr)		600					
% material perdido		0.00%					
			Módulo de Finura	3.24			

Tabla 5: Granulometría de agregado fino

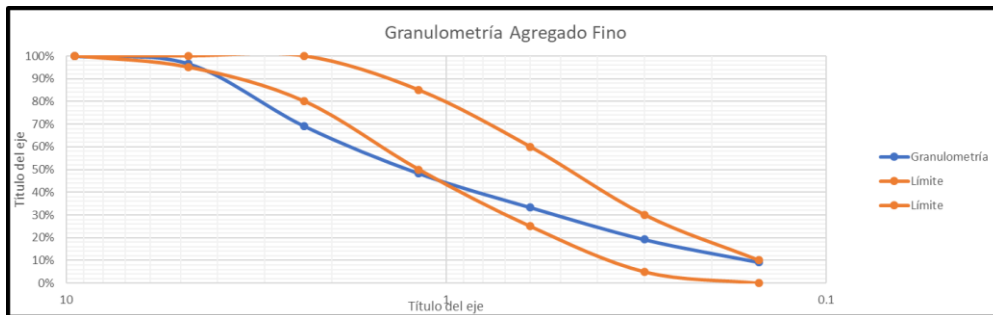


Ilustración 41: Granulometría del agregado fino

Como se observa en la Ilustración 40, la granulometría del agregado grueso está ligeramente fuera del límite inferior en la malla de 3/8", y la Ilustración 41 revela que la del agregado fino ligeramente fuera del límite inferior de la malla No. 8. No se han corregido estos porcentajes pues esta investigación pretende evaluar lo que ocurre en el medio real del campo profesional, es decir que los agregados llegan con dichos errores a obras de ingeniería.

3.3.1.2. Contenido orgánico de agregado fino (ASTM C40)



Ilustración 42: Contenido orgánico del agregado fino

La Ilustración 42 muestra que el contenido orgánico del agregado fino se clasifica según ASTM C40 como tipo 1, el cual representa un contenido orgánico no riesgoso.

3.3.1.3. Abrasión del agregado grueso (ASTM C131 & C535)

ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO	
Tipo de graduación	B (modificado)
Graduación usada	1/2" + 3/4"
Nº de revoluciones	500
Masa inicial (gr)	5000
Masa retenida tam Nº12	4200
Pérdida por abrasión	16%

Tabla 6: Abrasión del agregado grueso (ASTM C131 y ASTM C535)

Como los porcentajes tamizados no cumplieron con lo establecido por las normas ASTM C131 y ASTM C535, la recomendación del técnico experto de laboratorio fue la modificación del tipo B de graduación. La pérdida por abrasión según la Tabla 6 resultó del 16%, lo cual está dentro del límite establecido del 50% máximo de la normativa.

3.3.1.4. Peso unitario de los agregados (ASTM C29)

PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO			
Muestra Nº	1	2	Promedio
Masa del molde (gr)	8530	8530	8530
Volumen del molde (cm ³)	9950	9950	9950
Molde+mat.Compactado (gr)	22275	22215	22245
Molde+mat.Suelto (gr)	21315	21325	21320
Gravedad Específica Bulk	2.48		
RESULTADOS A.GRUESO	Suelta	Compactada	
Peso Unitario (kg/m ³)	1290	1380	
% Vacíos	48%	44%	

Tabla 7: Peso unitario de agregado grueso

PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO			
Muestra Nº	1	2	Promedio
Masa del molde (gr)	5050	5050	5050
Volumen del molde (cm ³)	2980	2980	2980
Molde+mat.Compactado (gr)	9985	9975	9980
Molde+mat.Suelto (gr)	9565	9550	9557.5
Gravedad Específica Bulk	2.47		
RESULTADOS A.FINO	Suelta	Compactada	
Peso Unitario (kg/m ³)	1510	1650	
% Vacíos	39%	33%	

Tabla 8: Peso unitario de agregado fino

3.3.1.5. *Contenido de humedad de los agregados (ASTM C566)*

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO HT				
Muestra N°	H3G1	H3G2	H3G3	Promedio
Masa inicial (gr)	2000	2000	2000	2000
Masa seca (gr)	1977.6	1977.9.8	1977	1977.3
Contenido de humedad total evaporable A. Grueso H3			1.15%	

Tabla 9: Contenido de humedad de agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO HT			
Muestra N°	H3F1	H3F2	Promedio
Masa inicial (gr)	503	501.1	502.05
Masa seca (gr)	494.8	493.3	494.05
Contenido de humedad total evaporable A.Fino H3			1.62%

Tabla 10: Contenido de humedad de agregado fino

Los agregados fueron almacenados dentro de fundas plásticas para evitar su pérdida de humedad, por lo cual los valores de la Tabla 10 se mantienen durante todo el diseño.

3.3.1.6. *Gravedad específica y absorción de los agregados (ASTM C127 & C128)*

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO			GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO		
Masa SSS (gr)	5038		Masa matraz+agua (gr)	653.6	
Masa de la muestra seca (gr)	4945		Matraz+agua+muestra (gr)	956.7	
Masa sumergida en agua (gr)	3048		Masa SSS (gr)	500.5	
			Masa de la muestra seca (gr)	488.3	
Resultados A. Grueso	Gravedad Específica (o Densidad Relativa)	Densidad (kg/m ³)	Resultados A. Fino	Gravedad Específica Bulk	Densidad (kg/m ³)
Seca	2.48	2480	Seca	2.47	6230
SSS	2.53	2530	SSS	2.54	4260
Aparente	2.61	2600	Aparente	2.64	2090
% Absorción A. Grueso		1.9%	% Absorción A. Fino		2.5%

Tabla 11: Gravedad específica y absorción de los agregados

Los valores de gravedad específica según ASTM C127 & C128 normalmente oscilan entre 2.4 y 2.9, por lo que según la Tabla 11 los resultados obtenidos son coherentes.

3.3.2. Cemento

El cemento que se utilizó para los ensayos de esta investigación fue *Cemento Selvalegre Plus*, cuyas características técnicas, usos, características, entre otros aspectos se los puede revisar en su ficha técnica presentada en el Anexo 2.

3.3.3. Hormigón simple


La dosificación de la mezcla de hormigón se realizó siguiendo el método ACI 211.1 mediante hojas de cálculo en Excel realizadas por Roger Laura Calle, auxiliar de docencia de tecnología del hormigón de la Universidad Mayor de San Andrés.

3.3.3.1. Propiedades de los materiales y selección de parámetros del hormigón (resistencia y asentamiento)

Las propiedades de los agregados fueron definidas en el apartado anterior.

Para los ensayos pertinentes se ha seleccionado un hormigón de resistencia mínima a los 28 días $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa), pues esta es la resistencia mínima requerida para losas con placa colaborante steel deck según ANSI/SDI (2017). A este hormigón se denomina H-21 y su resistencia real es 214.2 kg/cm^2 .

El asentamiento típico según Laura Calle (s.f.) en la hoja de cálculo utilizada para este fin, según el tipo de construcción como se indica en la Ilustración 43 (tabla 1 de la hoja de cálculo) que en este caso sería losas, es de 8 a 2cm, por cuestiones de trabajabilidad se seleccionó la mayor de 8cm.



Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil
 Tecnología del Hormigón CIV - 218
 La Paz - Bolivia

DOSIFICACION DE HORMIGON

METODO DE LA A.C.I. (Del Comité 211.1)

Propiedades de los Materiales

Materiales	P.e.	% Hum.	% Abs.	P.U.c	P.U.s
Agua	1.000	-----	-----	-----	-----
Cemento	2.860	-----	-----	-----	-----
Grava	2.480	1.010	1.900	1380	1290
Arena	2.470	10.910	2.500	1650	1510

Tipo de Hormigon = H - 21

M_{far} = 3.2 Arena Gruesa

TMN = 1 "

Asent. = 8 [cm]

TABLA 1

TABLA 1

Tipos de Construcción	Asentamiento [cm]	
	Máximo	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación de hormigón reforzado	8	2
Zapatas simples, cajones y muros de la sub-estructura	8	2
Vigas y muros de hormigón reforzado	10	2
Soportes (pilares)	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Hormigón masivo	5	2

Puede aumentar 2 cm cuando se utilicen métodos de compactación diferentes al de vibración

Ilustración 43: Asentamiento del hormigón según tipo de construcción (Laura Calle)

3.3.3.2. Resistencia media necesaria en laboratorio

Según ACI 211.1, si la resistencia deseada está entre 211 y 352 kg/cm², se debe diseñar sumándole 84kg/cm² extra como factor de seguridad.

1.- RESISTENCIA MEDIA NECESARIA EN LABORATORIO

$f_{ck} = 214.2$ [kg/cm²]

Como $211 < f_{ck} < 352$; $f_{cm} = f_{ck} + 84$

$f_{cm} = 298.2$ [kg/cm²]

Según CBH - 87
 Según ACI 211.1

3.3.3.3. Volumen de agua

Basándose en el asentamiento seleccionado para el hormigón y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, se selecciona de la Ilustración 44 (tabla 2 de la hoja de cálculo) el porcentaje de aire natural estimado y la cantidad de agua en litros por metro cúbico de hormigón.

2.- VOLUMEN DE AGUA

TMN = 1 " Asent. = 8 [cm]

A = 195 [lt/m³ H⁰]

Aire incorporado = 1.5 %

TABLA 2

TABLA 2

AGUA EN LITROS POR METRO CUBICO DE HORMIGON

TMN de la Grava	% de aire natural estimado	ASENTAMIENTO [cm]		
		3 a 5	8 a 10	15 a 18
3/8"	3.0	205	225	240
1/2"	2.5	200	215	230
3/4"	2.0	185	200	210
1"	1.5	180	195	205
1 1/2"	1.0	160	175	185
2"	0.5	155	170	180

Ilustración 44: Agua por metro cúbico de hormigón y % de aire (Laura Calle)

3.3.3.4. Relación agua/cemento (a/c)

Teniendo en cuenta la resistencia media esperada a los 28 días, Laura Calle presenta la Ilustración 45 (tabla 3 de la hoja de cálculo) en la cual se selecciona la relacion de agua/cemento. Para encontrar el valor exacto se realizó una interpolación lineal directa.

3.- RELACION AGUA/CEMENTO

$f_{cm} = 298.2 \quad [kg/cm^2]$

$a/c = 0.464$

TABLA 3

TABLA 3. RELACION a/c

Relación a/c por peso	Resistencia media a la compresión a los 28 días kg/cm ²	
	Hormigon sin aire incluido	Hormigon con aire incluido
0.30	455	364
0.33	420	336
0.36	390	312
0.40	350	280
0.44	315	252
0.49	280	224
0.54	245	196
0.60	210	168
0.75	140	112
0.86	105	84

INTERPOLACION

f_{cm}	a/c
<input type="text" value="280"/>	<input type="text" value="0.49"/>
<input type="text" value="298.2"/>	<input type="text" value="0.464"/>
<input type="text" value="315"/>	<input type="text" value="0.44"/>

Ilustración 45: Relación agua/cemento (a/c) del hormigón (Laura Calle)

3.3.3.5. Cantidad de cemento

Teniendo la cantidad de agua y la relación agua/cemento se puede calcular la cantidad de cemento de la siguiente manera:

4.- CANTIDAD DE CEMENTO

$$C = \frac{A}{a/c} = \frac{195}{0.46} \quad C = 420.3 [kg]$$

3.3.3.6. Cantidad de grava

Considerando el módulo de finura de la arena y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, se calcula con la Ilustración 46 (tabla 4 de la hoja de cálculo) la cantidad de grava. Para encontrar el valor exacto se realizó una extrapolación lineal directa.

5.- CANTIDAD DE GRAVA

$M_{far} = 3.24$ $TMN = 1''$

$V_G = 0.626 [m^3]$ **TABLA 4**

$P_G = 863.88 [kg]$

TABLA 4. Volumen de Grava

Volumen de agregado grueso por metro cubico de Hormigon

TMN de la Grava	Volumen de Grava seca y compactada por unidad de volumen de hormigon para diferentes modulos de finura de la Arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72

INTERPOLACION

mfa	Vol. Grava
2.8	0.67
3.24	0.626
3	0.65

INTERPOLAR CERRAR CALCULAR

Ilustración 46: Cantidad de agregado grueso por metro cúbico de hormigón (Laura Calle)

3.3.3.7. *Cantidad de arena*

Una vez obtenida todas las cantidades por metro cúbico de hormigón, excepto la de arena, esta será la diferencia entre el metro cúbico y la suma de dichas cantidades.

6.- CANTIDAD DE ARENA

$V_{Ar} = 0.295 [m^3]$

$P_{Ar} = 727.953 [kg]$

3.3.3.8. *Corrección por humedad y absorción, pesos húmedos*

“Debido al contenido de agua y a la absorción propia de los agregados se debe determinar una proporción de agua que es mayor o menor a la calculada.” (Laura Calle). Con este dato se puede recalcular los pesos húmedos.

7.- CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION

Debido al contenido de agua y a la absorción propia de los agregados se debe determinar una proporción de agua que es mayor o menor a la calculada.

$P_{H2O} = 141.468 [kg]$

8.- PESOS HUMEDOS

$P_{hAr} = 807.372 [kg]$

$P_{hG} = 872.605 [kg]$

3.3.3.9. *Tabla resumen de dosificación*

9.- TABLA RESUMEN

Material	Por peso p/1 m ³ [HP]		Relación	Por volumen p/1 m ³ [HP]	Para 50.0 [lt]	Para una bolsa de cemento
	Seco	Húmedo				
Agua	195.00	141.47	0.34	0.141	7.1	16.8
Cemento	420.26	420.26	1	0.147	21.0	50.0
Grava	863.88	872.61	2.08	0.348	43.6	103.8
Arena	727.95	807.37	1.92	0.295	40.4	96.1

3.3.3.10. *Volumen para mezclar*

Teniendo en cuenta la capacidad de la concreteira que se va a utilizar para mezclar y la cantidad de cilindros que se va a realizar para las pruebas iniciales se ha decidido mezclar 32 litros de hormigón. Las cantidades para ese volumen para la dosificación detallada previamente son las siguientes:

Volumen de la Revoltura

Para 32 [Its]	
Materiales	Por Peso
Agua	4.53
Cemento	13.45
Grava	27.92
Arena	25.84

Cantidades realmente usadas

Materiales	Por Peso
Agua	4.53
Cemento	13.45
Grava	27.92
Arena	25.84
TOTAL	71.74

3.3.3.11. *Restimación de la mezcla*

Con los valores detallados se ha obtenido un asentamiento de 5 cm menor al deseado, por lo cual se procede a realizar la restimación de la mezcla. El peso específico fue determinado como se observa en la Tabla 12 con lo cual se calcula la dosificación real.

Peso Específico del Hormigón	
Peso Recipiente (gr)	3565
Volumen Recipiente (cm ³)	7008
Peso Hormigón + Recipiente (gr)	19995
Peso unitario Hormigón (kg/m ³)	2340

Tabla 12: *Peso unitario del hormigón para restimación*

- **Hormigón simple para ensayos de hormigón con fibras de acero (HF)**

Para las probetas de hormigón con fibras de hacer se utilizarán 2 paradas, la primera de 18 litros de mezcla, los cuales se destinarán a 3 cilindros para pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días; y la segunda de 32 litros de mezcla, los cuales se destinarán a la loseta y 1 cilindro para tiempo de fraguado.

DOSIFICACION FINAL HT

% h de la Grava al momento del Vaciado = 1.15
% h de la Arena al momento del Vaciado = 1.62

Para un Volumen de : **18** [lts]

Para 18 [litros]

Material	Por Peso		Por Volumen	
Agua	4.011	[lts]	0.004	[m ³]
Cemento	8.133	[Kg]	0.003	[m ³]
Grava	16.418	[Kg]	0.007	[m ³]
Arena	13.420	[Kg]	0.005	[m ³]
Aire			-0.001	[m ³]
TOTAL	41.982	[Kg]	0.018	[m³]

Tabla 15: Dosificación final para pruebas de HF de hormigón simple (primera parada)

DOSIFICACION FINAL HT

% h de la Grava al momento del Vaciado = 1.15
% h de la Arena al momento del Vaciado = 1.62

Para un Volumen de : **32** [lts]

Para 32 [litros]

Material	Por Peso		Por Volumen	
Agua	7.132	[lts]	0.007	[m ³]
Cemento	14.458	[Kg]	0.005	[m ³]
Grava	29.187	[Kg]	0.012	[m ³]
Arena	23.858	[Kg]	0.010	[m ³]
Aire			-0.001	[m ³]
TOTAL	74.634	[Kg]	0.033	[m³]

Tabla 16: Dosificación final para pruebas de HF de hormigón simple (segunda parada)

3.3.4. Placa colaborante Steel Deck

3.3.4.1. Tipo

Se utilizó la placa colaborante sismorresistente para losas “Kubilosa”, proporcionada por la empresa “KUBIEC-CONDUIT”, pues este es el sistema de losa con placa colaborante que se utiliza comúnmente en el mercado. En el Anexo 2 está la constancia de entrega de este material, entregado por la empresa mencionada para la presente investigación.

3.3.4.2. Características técnicas

La ficha técnica de “Kubilosa” (Anexo 4) indica todos los espesores disponibles de placa. Como se indicó en el numeral 3.2.4.2 (página 55), la placa que debería ser usada como restricción a la contracción del hormigón para la generación de fisuras, debe ser de alrededor de 1.2 mm. También se especificó anteriormente, en el numeral 3.1 (página 52) que dicha placa sería reemplazada por una porción de steel deck. Con este antecedente se decidió trabajar con la placa de mayor espesor disponible, es decir de 0.76mm.

En el numeral 3.2.4.1 (página 54), se establecieron las dimensiones del moldes, y se definió una altura total de 120mm. La altura de la cresta de la placa es de 50mm, por lo tanto, el espesor de la losa de hormigón sobre la cresta será su diferencia, es decir 70mm. Otras características, su uso y beneficios se encuentran en la ficha técnica descrita anteriormente.

Un parámetro importante que se debe tomar en cuenta es la cantidad de hormigón que existirá sobre la placa, pues este no será un volumen rectangular como lo es en una losa convencional. Como se observa en la Ilustración 47, la ficha técnica indica este valor para cada espesor de placa y espesor de la losa de hormigón sobre la cresta; este valor será utilizado en varias ocasiones para calcular la cantidad de acero necesaria de refuerzo para contracción y temperatura, tanto en malla electrosoldada como en fibra de acero.

VOLUMEN HORMIGON /m ²		
	*ESPESOR DE LOSA(cm)	HORMIGON (m ³ /m ²)
* Hormigón sobre la cresta	5	0.06950
	6	0.07954
	7	0.08954
	8	0.09954
	10	0.11954
	12	0.13954

Ilustración 47: Volumen de hormigón sobre placa steel deck (KUBIEC)

3.3.5. Malla de acero electrosoldada

3.3.5.1. Tipo

Se utilizó la malla de acero “Armex® Tradicional Tipo R con Apertura Cuadrada” proporcionada por la empresa “Ideal Alambrec-Bekaert®” quienes, según su experiencia, indican que este es el tipo de malla más usado en el mercado para uso de control de agrietamiento. La selección del tipo de malla según la necesidad (para este caso), está detallada más adelante en los siguientes apartados. En el Anexo 5 está la constancia de entrega de este material, entregado por la empresa mencionada para la presente investigación.

3.3.5.2. Características técnicas

La ficha técnica de la malla “Armex® Tradicional Tipo R con Apertura Cuadrada”, adjunta en el Anexo 6, indica que su límite de fluencia mínima es de 5000 kgf/cm². Otras características y sus ventajas se las puede revisar en la ficha técnica descrita anteriormente.

3.3.5.3. Dosificación

La cantidad de malla a ser colocada se calculó tomando en cuenta todos los requisitos mínimos descritos en el apartado 2.2.4.2 de este documento (páginas 47). Este cálculo fue realizado en una hoja de cálculo de Excel elaborada por el autor de esta investigación.

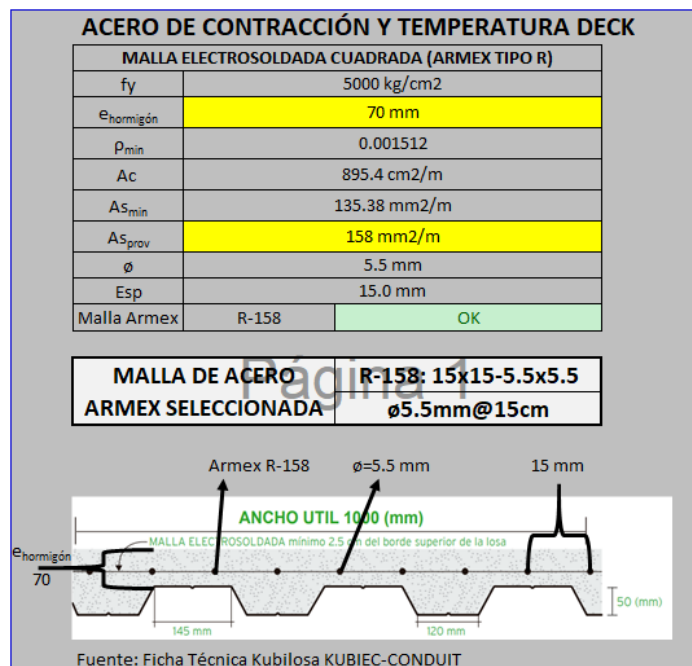


Tabla 17: Diseño de la malla electrosoldada

3.3.6. Fibra de acero

3.3.6.1. Tipo

Se utilizó la fibra de acero “Dramix® 3D 80/60BG” proporcionada por la empresa “Ideal Alambrec-Bekaert®”, pues según expertos de esta empresa, se debe utilizar la fibra más larga disponible debido a que en el país se utiliza hormigón con agregado grueso con gran tamaño máximo nominal; si se utilizara un tipo de fibra más pequeño se debería utilizar el agregado denominado comúnmente como “chispa”. En el Anexo 5 está la constancia de entrega de este material, entregado por la empresa mencionada para esta investigación.

3.3.6.2. Características técnicas

La fibra se denomina “3D” debido a que tiene tres dobleces en sus extremos, mientras más dobleces tenga, mayor será su resistencia a la tracción. Se ha elegido la menor disponible, pues es suficiente para fines de contracción y temperatura. En la ficha técnica del producto, adjunta en el Anexo 7, se encuentran las características de la fibra. Es encolada, pues posee una pega que no reacciona químicamente y se deshace con el agua del hormigón para esparcirse adecuadamente en toda la mezcla.

3.3.6.3. Dosificación

La ficha técnica mencionada en el apartado anterior define una dosificación mínima de 10kg/m³, sin embargo, como se mencionó en el numeral 2.2.4.3 (página 49) de este documento, la dosificación mínima deberá ser de 14.8 kg/m³.

La dosificación seleccionada se calculó transformando la dosificación de malla de acero electrosoldada a peso por volumen (kg/m³), misma cantidad de acero en fibras. El cálculo se lo realizó en hoja de cálculo de Excel elaborada por el autor de esta investigación.

El peso por metro cuadrado de la malla (W) y su límite de fluencia está detallado en su ficha técnica (Anexo 6). El límite de fluencia de la fibra está detallado en su ficha técnica (Anexo 7). La transformación entonces se la efectuó dividiendo el peso W de la malla para el área efectiva de concreto y multiplicándola por un factor de transformación por diferencia de límites de fluencia entre la malla y la fibra como se expresa en la siguiente ecuación:

$$Dosif. fibra = \frac{W_{malla} \left(\frac{kg}{m^2} \right)}{Ac \left(\frac{m^2}{m} \right)} \times \left(\frac{fy_{malla}}{fy_{fibra}} \right)$$

ACERO DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA DECK	
FIBRA DE ACERO (DRAMIX 3D)	
W	2.50 kg/m ²
Tipo de Fibra	3D 80/60
f _y	12491.52 kg/cm ²
Dosif _{calc}	11.18
Dosif _{min}	14.80
Dosif _{prov}	15 kg/m ³
OK	
FIBRA DRAMIX SELECCIONADA	3D 80/60 Dosificación: 15kg/m³

Tabla 18: Diseño de la fibra de acero

3.4. CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO

3.4.1. Equipos utilizados

Siguiendo los parámetros establecidos por ASTM C1579 y descritos en el apartado 3.2.4 (página 54) de este documento, con la colaboración de la empresa de ingeniería mecánica IBIMCO, se realizaron los planos, fabricación y calibración de los equipos de ensayo para los ensayos pertinentes.

3.4.1.1. Moldes

El molde fue construido con planchas de acero de 6mm de espesor, con las dimensiones detalladas en la Ilustración 48. En la Ilustración 49 se observa el molde construido, acabado y armado.

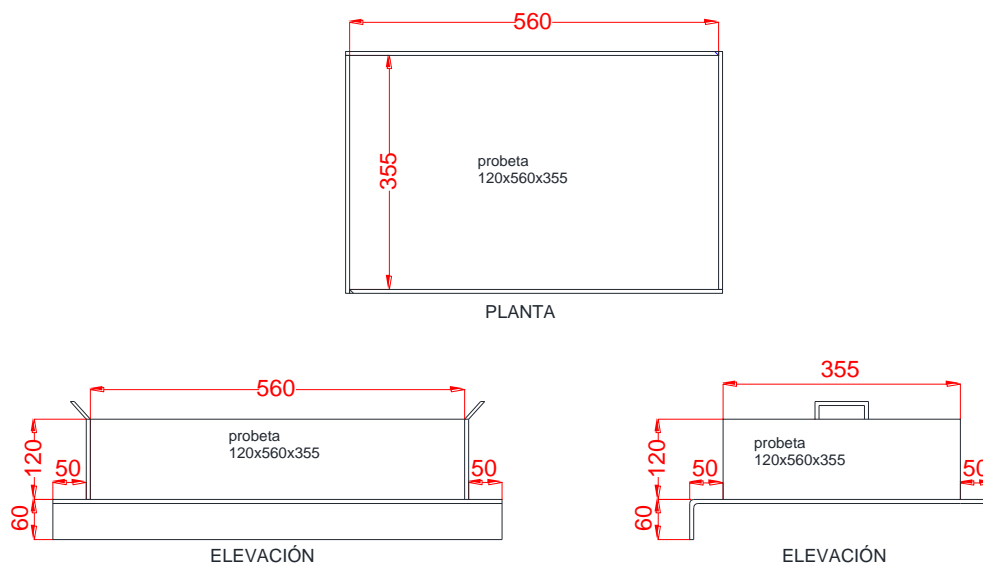


Ilustración 48: Molde para probeta de ensayo (Planos)

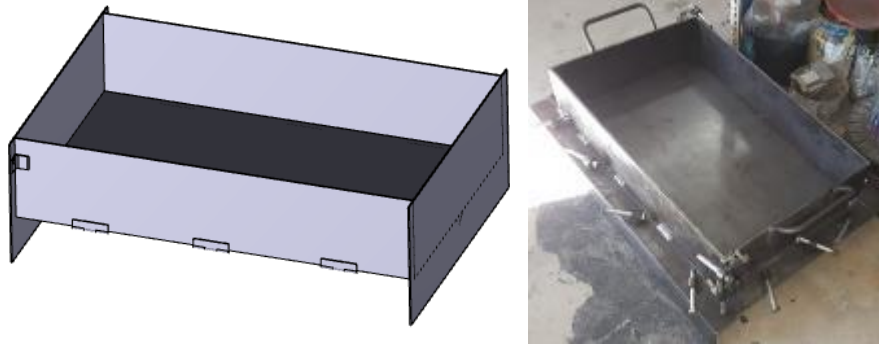


Ilustración 49: Molde para probeta de ensayo (Modelo y foto)

3.4.1.2. Restricciones internas

Como ya se ha mencionado varias veces, las restricciones fueron reemplazadas por una porción de plancha steel deck con las características definidas en el numeral 3.3.4 (página 70) de este documento y se presenta en la Ilustración 50.

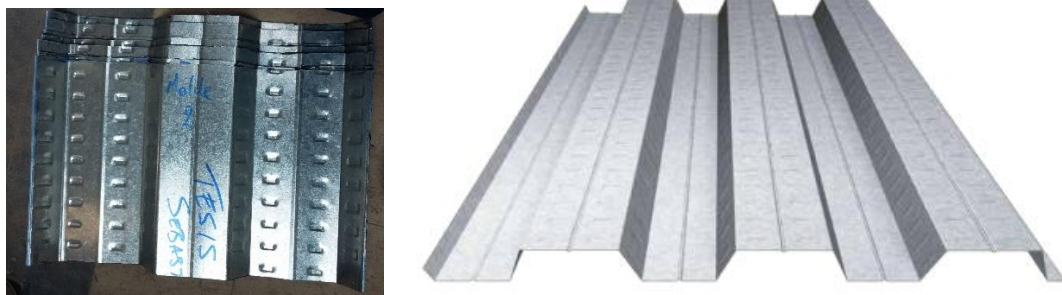


Ilustración 50: Porción de losa steel deck "Kubilosa" para probetas de ensayo

3.4.1.3. Ventilador de velocidad variable

Se utilizó un ventilador centrífugo, mejor conocido como "jaula de ardilla" de 4 velocidades con un pedestal regulable de altura para poder generar el flujo de viento requerido sobre la probeta como se observa en la Ilustración 51.



Ilustración 51: Ventilador centrífugo para cámara ambiental

3.4.1.4. *Cámara ambiental*

Se utilizó un calefactor comercial con termostato y ventilador incluido de dos velocidades como se observa en la Ilustración 52, además se colocaron dos deshumidificadores químicos comerciales para eliminar el exceso de humedad de la cámara como se observa en la Ilustración 53.



Ilustración 52: Calefactor de la cámara ambiental



Ilustración 53: Deshumidificadores de la cámara ambiental

La cámara ambiental fue construida con perfiles de acero como estructura y con un recubrimiento de madera como se observa en la Ilustración 54 e Ilustración 55. Se colocaron curvas metálicas en los ángulos para un flujo de aire continuo como en la Ilustración 56.

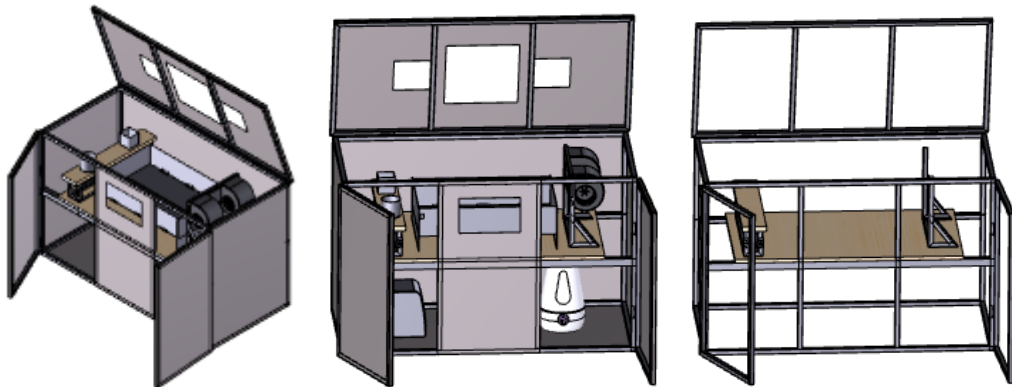


Ilustración 54: Modelo cámara ambiental

3.4.1.6. *Plataforma de vibrado*

Se utilizó un vibrador de hormigón convencional para la consolidación de las losetas el cual se observa en la Ilustración 58.



Ilustración 58: Vibrador de hormigón

3.4.1.7. *Equipo de acabado de superficie*

Se utilizaron paletas (llanas) y bailejos para dar el acabado a la superficie de las probetas como se observa en la Ilustración 59.



Ilustración 59: Equipo de acabado de superficie de hormigón

3.4.1.8. *Recipiente de monitoreo*

Se utilizó un recipiente circular de 25.4mm de diámetro interno para monitorear la evaporación del agua como se observa en la Ilustración 60.



Ilustración 60: Recipiente de monitoreo de evaporación de agua

3.4.1.9. *Balanza*

Se utilizó una balanza de capacidad máxima 2kg, con precisión de 0.1 g como se observa en la Ilustración 61.



Ilustración 61: Balanza

3.4.1.10. *Equipo de medición de fisuras*

Se utilizó un microscopio óptico presentado en la Ilustración 62, en cuyo software, presentado en la Ilustración 63 (Digital Microscope Suite 2.0), tiene incorporado grabador de video, cámara de fotos y medidor de distancia con precisión de 0.01mm.

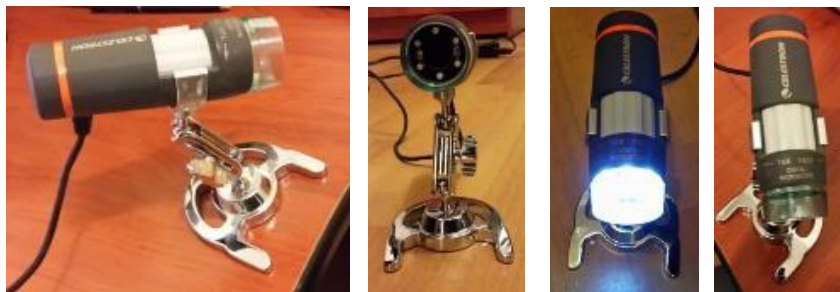


Ilustración 62: Microscopio óptico



Ilustración 63: Software Digital Microscope Suite 2.0

3.4.2. Muestreo de especímenes de prueba, unidades de prueba

Se realizó la mezcla de hormigón de acuerdo con la normativa de ensayo ASTM C192. En el caso del hormigón con fibras, se realizó el mismo procedimiento, añadiendo como último paso la colocación de las fibras a razón de $1\text{kg/m}^3/\text{minuto}$.

Se elaboraron un total de 9 paneles, 3 de hormigón de control (PHC), 3 de hormigón con malla electrosoldada (HMES) y 3 de hormigón con fibras de acero (H15F). De cada panel se sacaron 3 cilindros para compresión simple y uno para tiempo de fraguado.

3.4.3. Procedimiento

- Se determinó el asentamiento de cada mezcla de acuerdo con ASTM C143.
- Se fabricó un espécimen para tiempo de fraguado del hormigón de acuerdo con ASTM C403 y se lo colocó en el flujo de aire para que esté expuesto a las mismas condiciones ambientales que los paneles de contracción plástica.
- Para el caso de hormigón de control y hormigón con fibras se llenó el molde del panel de prueba en una sola capa; para el hormigón con malla electrosoldada colocó hormigón en el molde hasta cierta altura, se colocó la malla y se llenó el molde hasta el borde. En ambos casos se vibró como lo indica ASTM C192. Se pasó la maestra de forma perpendicular a las crestas del steel deck 5 veces.
- Se realizó el acabado de la superficie con la paleta (llana) y bailejo.
- Se colocó el espécimen en la cámara ambiental bajo el flujo de aire y se encendió el ventilador, la evaluación de fisuración inició en este punto.
- Al inicio del ensayo y en intervalos de 30 minutos, se registró la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del flujo de aire a $100\pm 5\text{mm}$ sobre la superficie del panel. Se ejecutaron ensayos de penetración cada media hora de acuerdo con ASTM C403. Se continuaron registrando las variables ambientales hasta el tiempo de fraguado final.
- Se pesó el recipiente de monitoreo al inicio del ensayo y en intervalos de 30 minutos.
- Después de que ocurrió el fraguado final, se registraron las variables atmosféricas y el tiempo y se apagó el ventilador, se determinó la pérdida total de agua en el recipiente de monitoreo. Se almacenó al panel en laboratorio a $23\pm 2^\circ\text{C}$.

3.4.4. Cuantificación de fisuras

- Se midió el ancho superficial de las fisuras en los paneles a las 24 horas, 7 días y 28 días después del mezclado como se observa en la Ilustración 64.
- Para prevenir posibles efectos de fisuras por bordes, se despreció fisuras hasta a 25mm desde el borde del panel.
- El ancho de cada fisura fue medido por medio de un microscopio óptico con 0.01mm de precisión cada 10±1 mm a lo largo de esta. Se repitió el proceso hasta que todas las fisuras fueron medidas. Se registraron todos los anchos de fisura para calcular el ancho promedio de fisura del panel.
- Se calculó la tasa de reducción de fisuras (CRR: crack reduction ratio) a las 24 horas, 7 días y 28 días con la ecuación:

$$CRR = \left[1 - \frac{\text{Promedio de anchos de fisura de la mezcla de hormigón reforzado con fibra}}{\text{Promedio de anchos de fisura de la mezcla de hormigón de control}} \right] \times 100\%$$

(ASTM, 2013).



Ilustración 64: Medición de fisuras

4.1.1.2. Datos obtenidos

Utilizando un cilindro para cada probeta de ensayo, los datos de tiempo de fraguado fueron obtenidos de un total de 9 muestras en laboratorio; fueron ensayados por el autor de esta investigación, revisados por su tutor y presentados a continuación:

- **PHC1: Prueba de Hormigón de Control 1**

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	ESCUELA DE CIVIL			
DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN (ASTM C403)				
Descripción	PHC1: Hormigón de Control 1			
Fecha:	25/10/2018	Prueba No.:	1	
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210	
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	85 mm	
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	18.2	
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:		

Hormigón Colocado	Inicial	Final
Hora (HH:MM)	08:20	13:40
Temperatura (°C)	18.20	28.80

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
11:10	02:50	170	0	1	0	39.20	28.70
11:40	03:20	200	88	1/2	176	32.10	28.90
12:10	03:50	230	124	1/4	496	34.70	28.80
12:40	04:20	260	144	1/10	1440	34.90	27.10
13:10	04:50	290	130	1/20	2600	35.50	28.90
13:40	05:20	320	114	1/40	4560	36.00	28.80
PROMEDIO							28.53

Ensayó: Sebastián Constante

Revisó: Ing. Wilson Cando

Tabla 19: Tiempo de fraguado PHC1

- **PHC2: Prueba de Hormigón de Control 2**

Fecha:	29/10/2018	Prueba No.:	2
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	85 mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	18.1
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	

Hormigón Colocado		Inicial	Final
Hora (HH:MM)		08:05	13:15
Temperatura (°C)		18.10	26.80

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
10:15	02:10	130	0	1	0	33.80	24.10
10:45	02:40	160	0	1	0	34.80	24.80
11:15	03:10	190	66	1	66	35.90	27.20
11:45	03:40	220	66	1/4	264	36.00	26.20
12:15	04:10	250	108	1/10	1080	36.70	24.90
12:45	04:40	280	128	1/20	2560	37.00	27.60
13:15	05:10	310	118	1/40	4720	36.10	26.80
PROMEDIO							26.25

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 20: Tiempo de fraguado PHC2

- **PHC3: Prueba de Hormigón de Control 3**

Fecha:	05/11/2018	Prueba No.:	3
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	85 mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	17.5
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	

Hormigón Colocado		Inicial	Final
Hora (HH:MM)		08:00	13:10
Temperatura (°C)		17.50	25.80

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
10:10	02:10	130	0	1	0	35.30	25.50
10:40	02:40	160	0	1	0	35.10	27.30
11:10	03:10	190	54	1	54	33.50	27.50
11:40	03:40	220	62	1/4	248	35.60	28.10
12:10	04:10	250	96	1/10	960	34.30	27.60
12:40	04:40	280	140	1/20	2800	33.00	27.00
13:10	05:10	310	118	1/40	4720	35.40	25.80
PROMEDIO							27.22

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 21: Tiempo de fraguado PHC3

• **HMES1: Hormigón con Malla Electrosoldada 1**

Fecha:	12/11/2018	Prueba No.:	4
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	90 mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	18.6
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	-

Hormigón Colocado		
Inicial	Final	
Hora (HH:MM)	09:45	14:50
Temperatura (°C)	18.60	28.00

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
12:20	02:35	155	10	1	10	33.00	28.10
12:50	03:05	185	48	1	48	33.40	29.40
13:20	03:35	215	126	1/2	252	33.80	27.00
13:50	04:05	245	76	1/10	760	33.80	28.10
14:20	04:35	275	110	1/20	2200	35.10	27.50
14:50	05:05	305	102	1/40	4080	36.90	28.00
						PROMEDIO	28.02

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 22: Tiempo de fraguado HMES1

• **HMES2: Hormigón con Malla Electrosoldada 2**

Fecha:	15/11/2018	Prueba No.:	5
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	90 mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	18.3
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	-

Hormigón Colocado		
Inicial	Final	
Hora (HH:MM)	08:40	14:05
Temperatura (°C)	18.30	29.90

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
11:35	02:55	175	0	1	0	35.00	29.70
12:05	03:25	205	72	1/2	144	33.70	30.50
12:35	03:55	235	132	1/4	528	34.30	29.00
13:05	04:25	265	152	1/10	1520	34.70	29.30
13:35	04:55	295	170	1/20	3400	35.00	29.30
14:05	05:25	325	144	1/40	5760	35.10	29.90
						PROMEDIO	29.62

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 23: Tiempo de fraguado HMES2

- **HMES3: Hormigón con Malla Electrosoldada 3**

Fecha:	03/12/2018	Prueba No.:	9
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	80mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	17
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	-

Hormigón Colocado		Inicial	Final
Hora (HH:MM)		09:15	14:25
Temperatura (°C)		17.00	34.20

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
11:55	02:40	160	26	1	26	36.20	28.70
12:25	03:10	190	54	1/2	108	35.70	30.60
12:55	03:40	220	102	1/4	408	37.80	31.70
13:25	04:10	250	132	1/10	1320	36.60	32.90
13:55	04:40	280	152	1/20	3040	36.00	33.90
14:25	05:10	310	122	1/40	4880	37.00	34.20
PROMEDIO							32.00

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 24: Tiempo de fraguado HMES3

- **H15F1: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero 1**

Fecha:	19/11/2018	Prueba No.:	6
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	80 mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	17.7
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	-

Hormigón Colocado		Inicial	Final
Hora (HH:MM)		09:20	14:45
Temperatura (°C)		17.70	31.80

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
12:15	02:55	175	16	1	16	34.40	26.80
12:45	03:25	205	80	1/2	160	34.10	28.50
13:15	03:55	235	106	1/4	424	33.50	29.30
13:45	04:25	265	124	1/10	1240	34.10	30.60
14:15	04:55	295	156	1/20	3120	37.00	31.30
14:45	05:25	325	142	1/40	5680	36.60	31.80
PROMEDIO							29.72

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 25: Tiempo de fraguado H15F1

- **H15F2: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero 2**

Fecha:	21/11/2018	Prueba No.:	7
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	80 mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	17.2
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	-

Hormigón Colocado		Inicial	Final
Hora (HH:MM)		08:40	13:25
Temperatura (°C)		17.20	32.80

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
10:55	02:15	135	0	1	0	37.80	29.10
11:25	02:45	165	24	1	24	36.00	31.20
11:55	03:15	195	92	1/2	184	36.20	31.50
12:25	03:45	225	64	1/10	640	36.40	32.20
12:55	04:15	255	126	1/20	2520	36.30	32.30
13:25	04:45	285	112	1/40	4480	36.40	32.80
						PROMEDIO	31.52

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 26: Tiempo de fraguado H15F2

- **H15F3: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero 3**

Fecha:	27/11/2018	Prueba No.:	8
Cantera Árido Grueso:	Guayllabamba	Resistencia Especificada (f'c):	210
Cantera Árido Fino:	Guayllabamba	Asentamiento Obtenido:	80 mm
Dosis Aditivo Utilizado:	0	Temperatura de la muestra:	17.7
Cemento:	Selvalegre	Contenido de aire:	-

Hormigón Colocado		Inicial	Final
Hora (HH:MM)		09:45	14:25
Temperatura (°C)		17.70	33.10

Hora	Tiempo acumulado		Fuerza (lbs)	Aguja (plg ²)	Resistencia (PSI)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Hormigón (°C)
	Horas	Minutos					
11:55	02:10	130	0	1	0	34.80	27.30
12:25	02:40	160	36	1	36	37.90	29.80
12:55	03:10	190	104	1/2	208	36.80	31.40
13:25	03:40	220	160	1/4	640	36.30	32.50
13:55	04:10	250	146	1/10	1460	36.00	32.90
14:25	04:40	280	116	1/40	4640	36.30	33.10
						PROMEDIO	31.17

Ensayo:	Sebastián Constante	Revisa:	Ing. Wilson Cando
---------	---------------------	---------	-------------------

Tabla 27: Tiempo de fraguado H15F3

4.1.1.3. Resultados obtenidos

Los resultados fueron obtenidos de forma gráfica se observa en la Ilustración 66 (usando la gráfica de resistencia a la penetración vs. tiempo transcurrido) y mediante un análisis de regresión lineal como en la Ilustración 67 (usando la gráfica con valores logarítmicos). En ambos casos se utilizó una hoja de cálculo de Excel para la determinación del resultado por medio de ecuaciones y se presentan a continuación:

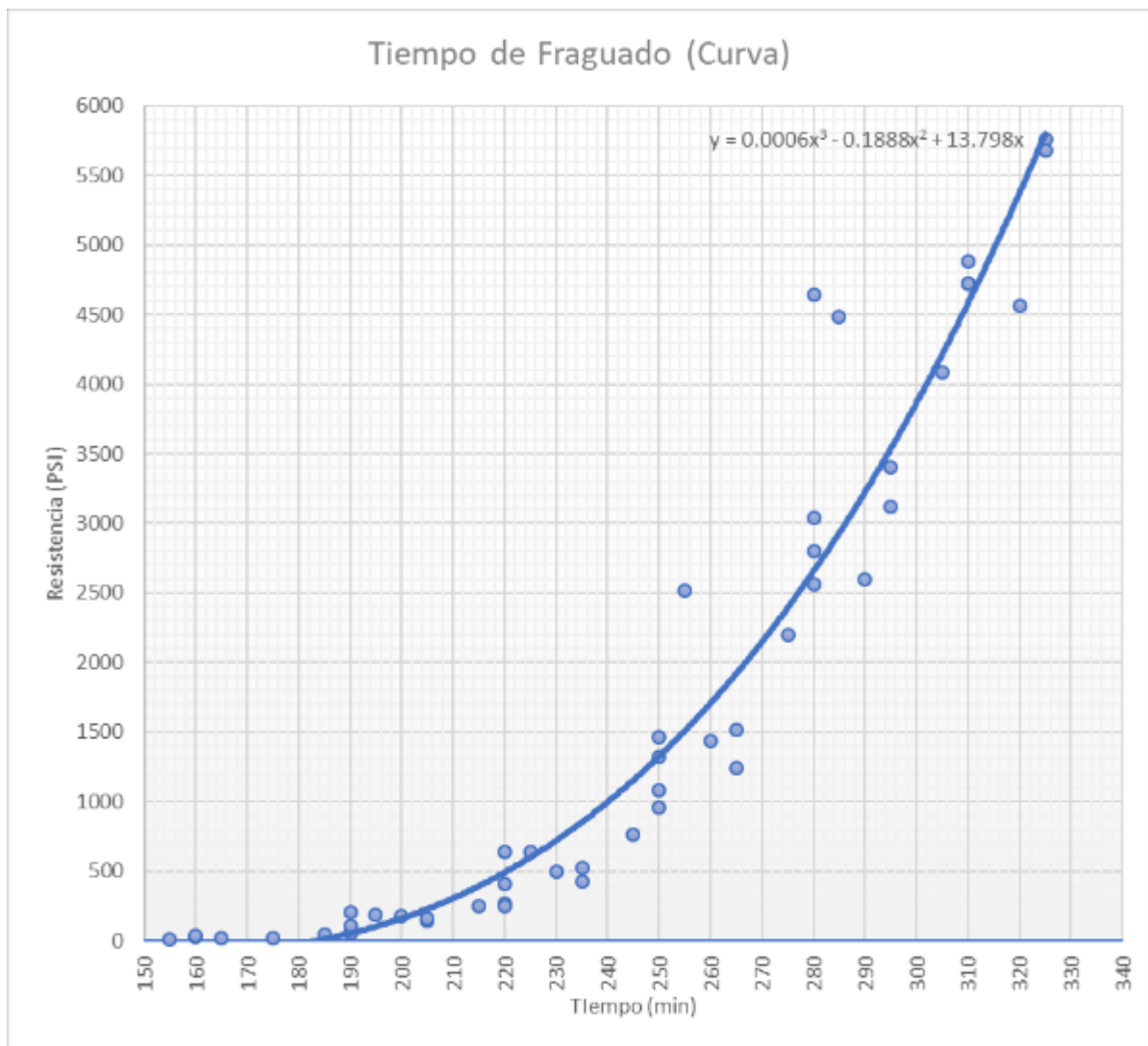


Ilustración 66: Tiempo de Fraguado- Tiempo vs Resistencia a la penetración (Curva)

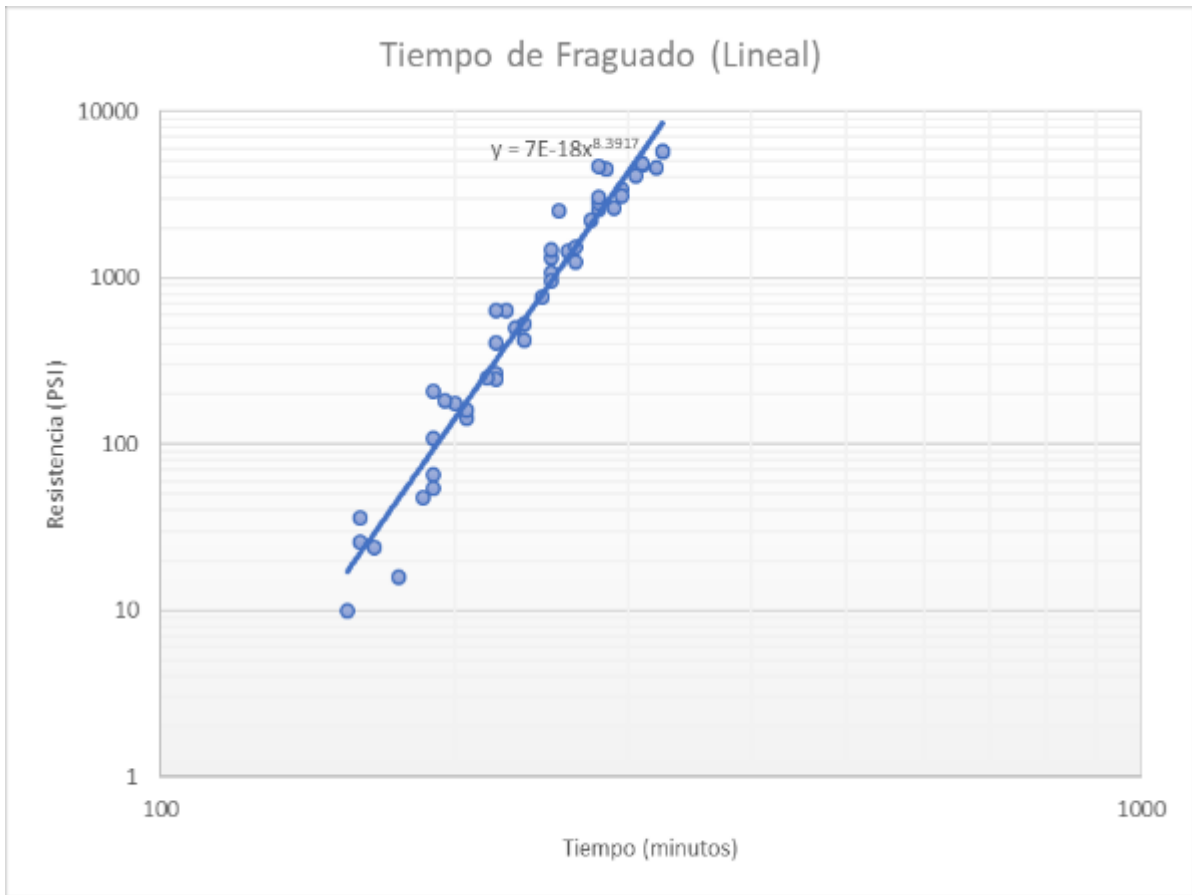


Ilustración 67: Tiempo de Fraguado: Tiempo vs. Resistencia a la penetración (Lineal)

RESULTADOS:

Ecuación de la curva:

$$y = 0.0006x^3 - 0.1888x^2 + 13.798x$$

Tiempo de fraguado inicial cuando $y=500\text{PSI}$

Ti: 231 min

Tiempo de fraguado final cuando $y=4000\text{PSI}$

Tf: 310 min

Ecuación linealizada:

$$y = 7E-18x^{8.3917}$$

Tiempo de fraguado inicial cuando $y=500\text{PSI}$

Ti: 232 min

Tiempo de fraguado final cuando $y=4000\text{PSI}$

Tf: 298 min

4.1.2. Fisuración del hormigón

Como se ha definido anteriormente, se utilizó la normativa de ensayo ASTM C1579 con el fin de determinar la reducción del fenómeno de fisuración en el hormigón tanto con fibras de acero como con malla electrosoldada, ensayando un total de 9 probetas para hormigón de control, hormigón con fibras y hormigón con malla, 3 en cada caso.

4.1.2.1. Formato para toma de datos

El formato para toma de datos de control de cámara ambiental y fisuración del hormigón fue elaborado por el autor de esta investigación y se presenta en la Ilustración 68.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR									
FACULTAD DE INGENIERÍA									
ESCUELA DE CIVIL									
FISURACIÓN DEL HORMIGÓN (ASTM C1579)									
FECHA:									
PROBETA		HORMIGÓN				() N/A; () MALLA; () FIBRA			
Probeta N°		f'c () Mpa; () kg/cm ²		Relac a/c		Material			
Identificación		Proporciones (kg/m ³)		Descripción					
Descripción		Agua		Long. (mm)					
Dimensiones (mm)		Cemento		Diám. (mm)					
Largo		Grava		Forma					
Ancho		Arena		Acero () kg/m ³ ;					
Altura		Aditivo		() mm/m					
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL									
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (3±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (kg)		
1		00:00							
2		00:30							
3		01:00							
4		01:30							
5		02:00							
6		02:30							
7		03:00							
8		03:30							
9		04:00							
10		04:30							
FISURACIÓN 24 HORAS (_ / _ / _)									
Fisura N°									
Longitud (mm)									
Ancho 01 (mm)									
Ancho 02 (mm)									
Ancho 03 (mm)									
Ancho 04 (mm)									
Ancho 05 (mm)									
Ancho 06 (mm)									
Ancho 07 (mm)									
Ancho 08 (mm)									
Ancho 09 (mm)									
Ancho 10 (mm)									
Ancho 11 (mm)									
Ancho 12 (mm)									
Ancho 13 (mm)									
Ancho 14 (mm)									
Ancho 15 (mm)									
Ancho 16 (mm)									
Ancho 17 (mm)									
Ancho 18 (mm)									
Ancho 19 (mm)									
Ancho 20 (mm)									
FISURACIÓN 7 DÍAS (_ / _ / _)									
Fisura N°									
Longitud (mm)									
Ancho 01 (mm)									
Ancho 02 (mm)									
Ancho 03 (mm)									
Ancho 04 (mm)									
Ancho 05 (mm)									
Ancho 06 (mm)									
Ancho 07 (mm)									
Ancho 08 (mm)									
Ancho 09 (mm)									
Ancho 10 (mm)									
Ancho 11 (mm)									
Ancho 12 (mm)									
Ancho 13 (mm)									
Ancho 14 (mm)									
Ancho 15 (mm)									
Ancho 16 (mm)									
Ancho 17 (mm)									
Ancho 18 (mm)									
Ancho 19 (mm)									
Ancho 20 (mm)									
FISURACIÓN 28 DÍAS (_ / _ / _)									
Fisura N°									
Longitud (mm)									
Ancho 01 (mm)									
Ancho 02 (mm)									
Ancho 03 (mm)									
Ancho 04 (mm)									
Ancho 05 (mm)									
Ancho 06 (mm)									
Ancho 07 (mm)									
Ancho 08 (mm)									
Ancho 09 (mm)									
Ancho 10 (mm)									
Ancho 11 (mm)									
Ancho 12 (mm)									
Ancho 13 (mm)									
Ancho 14 (mm)									
Ancho 15 (mm)									
Ancho 16 (mm)									
Ancho 17 (mm)									
Ancho 18 (mm)									
Ancho 19 (mm)									
Ancho 20 (mm)									
Ensayo:					Revisa:				

Ilustración 68: Formato de toma de datos de fisuración del hormigón (anverso y reverso)

4.1.2.2. Datos obtenidos

Utilizando tres probetas de ensayo para cada caso (hormigón de control, con fibras y con malla), los datos de fisuración fueron obtenidos de un total de 9 muestras en laboratorio; fueron ensayados por el autor de esta investigación, revisados por su tutor y presentados a continuación:

- **PHC1: Prueba de Hormigón de Control 1**

FECHA:	25/10/2018							
PROBETA			HORMIGÓN			(x) N/A; () MALLA; () FIBRA		
Probeta N°	1		f'c ()Mpa; (x)kg/cm ²	210		Material	N/A	
Identificación	PHC1		Proporciones (kg/m ³)		Relac a/c	Descripción	N/A	
Descripción	Hormigón Control 1		Agua (lt)	222.86		0.46	Long. (mm)	N/A
Dimensiones (mm)			Cemento	451.81	Asent (mm)		Diám. (mm)	N/A
Largo	560		Grava	912.09		85	Forma	N/A
Ancho	357		Arena	745.55	Acero () kg/m ³ ; () mm ² /m		N/A	
Altura	70 sobre cresta		Aditivo	0.00				
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL								
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)
1		00:00	09:40	38.9	40	5.7	1648.53	-
2		00:30	10:10	33.0	40	5.9	1625.00	0.93
3		01:00	10:40	36.9	40	5.6	1603.60	0.84
4	1ra lectura	01:30	11:10	39.2	40	5.2	1586.70	0.67
5		02:00	11:40	32.1	36	6.0	1557.60	1.15
6	Inicial	02:30	12:10	34.7	35	5.5	1529.40	1.11
7	Inicial	03:00	12:40	34.9	37	5.5	1495.80	1.33
8	Final	03:30	13:10	35.5	38	5.5	1463.30	1.28
9	Final	04:00	13:40	36.0	36	6.2	1431.10	1.27
							PROMEDIO	1.07
								OK

Tabla 28: Control de cámara ambiental PHC1

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:	
26/10/2018	
Fisura N°	1
Longitud (mm)	70
Ancho 01 (mm)	0.10
Ancho 02 (mm)	0.11
Ancho 03 (mm)	0.25
Ancho 04 (mm)	0.23
Ancho 05 (mm)	0.23
Ancho 06 (mm)	0.20
Ancho 07 (mm)	0.27
Ancho 08 (mm)	0.20
Prom. (mm)	0.20

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.20

Tabla 29: Datos de fisuración 24 horas PHCI

FISURACIÓN 7 DÍAS:		
01/11/2018		
Fisura N°	1	2
Longitud (mm)	75	65
Ancho 01 (mm)	0.17	0.19
Ancho 02 (mm)	0.25	0.21
Ancho 03 (mm)	0.25	0.27
Ancho 04 (mm)	0.26	0.18
Ancho 05 (mm)	0.30	0.25
Ancho 06 (mm)	0.36	0.18
Ancho 07 (mm)	0.26	
Ancho 08 (mm)	0.25	
Prom. (mm)	0.26	0.21

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 días (mm): 0.24

Tabla 30: Datos de fisuración 7 días PHCI

FISURACIÓN 28 DÍAS:		
22/11/2018		
Fisura N°	1	2
Longitud (mm)	80	70
Ancho 01 (mm)	0.14	0.22
Ancho 02 (mm)	0.21	0.23
Ancho 03 (mm)	0.24	0.24
Ancho 04 (mm)	0.31	0.13
Ancho 05 (mm)	0.24	0.14
Ancho 06 (mm)	0.32	0.15
Ancho 07 (mm)	0.32	0.14
Ancho 08 (mm)	0.29	0.13
Ancho 09 (mm)	0.26	
Prom. (mm)	0.26	0.17

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.22

• **PHC2: Prueba de Hormigón de Control 2**

FECHA:	29/10/2018							
PROBETA			HORMIGÓN			(x) N/A; () MALLA; () FIBRA		
Probeta N°	2		f'c () Mpa; (x) kg/cm ²	210		Material	N/A	
Identificación	PHC2		Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c	0.46	Descripción	N/A	
Descripción	Hormigón Control 2		Agua (lt)			222.86	Long. (mm)	N/A
Dimensiones (mm)			Cemento	451.81		Diám. (mm)	N/A	
Largo	560		Grava	912.09		Forma	N/A	
Ancho	356		Arena	745.55		Acero () kg/m ³ ; () mm ² /m	N/A	
Altura	69 sobre cresta		Aditivo	0.00				
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL								
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)
1		00:00	09:15	33.1	40	5.4	1799.00	-
2		00:30	09:45	33.2	40	6.2	1774.40	0.97
3	1ra lectura	01:00	10:15	33.8	40	6.2	1743.90	1.20
4		01:30	10:45	34.8	40	5.8	1714.00	1.18
5		02:00	11:15	35.9	40	5.5	1683.30	1.21
6	Inicial	02:30	11:45	36.0	40	5.5	1651.00	1.27
7	Inicial	03:00	12:15	36.7	37	5.3	1620.60	1.20
8	Final	03:30	12:45	37.0	39	6.1	1579.60	1.62
9	Final	04:00	13:15	36.1	37	5.8	1542.20	1.48
							PROMEDIO	1.27
								OK

Tabla 32: Control de cámara ambiental PHC2

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:					
30/10/2018					
Fisura N°	1	2	3	4	5
Longitud (mm)	45	90	100	60	90
Ancho 01 (mm)	0.10	0.24	0.38	0.13	0.15
Ancho 02 (mm)	0.13	0.42	0.11	0.10	0.15
Ancho 03 (mm)	0.11	0.32	0.21	0.20	0.13
Ancho 04 (mm)	0.10	0.34	0.17	0.19	0.17
Ancho 05 (mm)		0.12	0.11	0.20	0.20
Ancho 06 (mm)		0.28	0.17	0.55	0.31
Ancho 07 (mm)		0.22	0.15	0.17	0.16
Ancho 08 (mm)		0.43	0.15		0.14
Ancho 09 (mm)		0.59	0.17		0.17
Ancho 10 (mm)		0.16	0.11		0.18
Prom. (mm)	0.11	0.31	0.17	0.22	0.18

Tabla 33: Datos de fisuración 24 horas PHC2

FISURACIÓN 7 DÍAS:					
05/11/2018					
Fisura N°	1	2	3	4	5
Longitud (mm)	45	90	100	60	100
Ancho 01 (mm)	0.16	0.23	0.32	0.27	0.29
Ancho 02 (mm)	0.23	0.44	0.15	0.28	0.19
Ancho 03 (mm)	0.25	0.24	0.16	0.23	0.24
Ancho 04 (mm)	0.24	0.40	0.25	0.21	0.17
Ancho 05 (mm)		0.22	0.24	0.32	0.16
Ancho 06 (mm)		0.17	0.17	0.17	0.22
Ancho 07 (mm)		0.35	0.23	0.21	0.37
Ancho 08 (mm)		0.24	0.15		0.21
Ancho 09 (mm)		0.28	0.19		0.10
Ancho 10 (mm)			0.21		0.19
Prom. (mm)	0.22	0.29	0.21	0.24	0.21

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.23

Tabla 34: Datos de fisuración 7 días PHC2

FISURACIÓN 28 DÍAS:					
26/11/2018					
Fisura N°	1	2	3	4	5
Longitud (mm)	85	110	120	70	110
Ancho 01 (mm)	0.18	0.22	0.20	0.13	0.21
Ancho 02 (mm)	0.17	0.23	0.18	0.17	0.16
Ancho 03 (mm)	0.19	0.19	0.10	0.22	0.23
Ancho 04 (mm)	0.21	0.30	0.28	0.15	0.17
Ancho 05 (mm)	0.20	0.41	0.24	0.18	0.37
Ancho 06 (mm)	0.21	0.20	0.22	0.20	0.17
Ancho 07 (mm)	0.22	0.12	0.19	0.48	0.16
Ancho 08 (mm)	0.20	0.17	0.21		0.17
Ancho 09 (mm)	0.17	0.31	0.22		0.16
Ancho 10 (mm)		0.21	0.18		0.15
Ancho 11 (mm)		0.24	0.21		0.18
Ancho 12 (mm)			0.15		
Ancho 13 (mm)			0.26		
Prom. (mm)	0.19	0.24	0.20	0.22	0.19

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.21

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 35: Datos de fisuración 28 días PHC2

• **PHC3: Prueba de Hormigón de Control 3**

FECHA:	05/11/2018							
PROBETA		HORMIGÓN			(x) N/A; () MALLA; () FIBRA			
Probeta N°	3	f'c ()Mpa; (x)kg/cm ²	210		Material	N/A		
Identificación	PHC3	Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c		Descripción	N/A		
Descripción	Hormigón Control 3	Agua (lt)	222.86	0.46	Long. (mm)	N/A		
Dimensiones (mm)		Cemento	451.81		Diám. (mm)	N/A		
Largo	560	Grava	912.09	Asent (mm)	Forma	N/A		
Ancho	356	Arena	745.55		Acero () kg/m ³ ; () mm ² /m	N/A		
Altura	68 sobre cresta	Aditivo	0.00			N/A		
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL								
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)
1		00:00	09:10	33.2	40	5.4	1635.60	-
2		00:30	09:40	33.4	40	5.7	1612.80	0.90
3	1ra lectura	01:00	10:10	35.3	40	6.2	1581.80	1.22
4		01:30	10:40	35.1	40	6.1	1552.90	1.14
5		02:00	11:10	33.5	40	6.3	1528.80	0.95
6	Inicial	02:30	11:40	35.6	40	6.2	1502.00	1.06
7	Inicial	03:00	12:10	34.3	39	6.2	1474.00	1.11
8	Final	03:30	12:40	33.0	40	5.8	1444.60	1.16
9	Final	04:00	13:10	35.4	40	5.5	1414.40	1.19
PROMEDIO								1.09
								OK

Tabla 36: Control de cámara ambiental PHC3

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:							
06/11/2018							
Fisura N°	1	2	3	4	5	6	7
Longitud (mm)	120	85	70	110	160	210	125
Ancho 01 (mm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.25	0.16
Ancho 02 (mm)	0.13	0.14	0.10	0.12	0.13	0.22	0.27
Ancho 03 (mm)	0.18	0.17	0.15	0.10	0.14	0.22	0.24
Ancho 04 (mm)	0.16	0.13	0.12	0.12	0.10	0.16	0.10
Ancho 05 (mm)	0.15	0.10	0.11	0.17	0.11	0.13	0.14
Ancho 06 (mm)	0.13	0.11	0.10	0.24	0.15	0.11	0.10
Ancho 07 (mm)	0.22	0.10	0.10	0.30	0.10	0.17	0.10
Ancho 08 (mm)	0.11	0.10		0.10	0.10	0.12	0.10
Ancho 09 (mm)	0.10			0.10	0.10	0.12	0.12
Ancho 10 (mm)	0.10			0.15	0.17	0.10	0.10
Ancho 11 (mm)	0.10			0.14	0.16	0.10	0.11
Ancho 12 (mm)	0.11				0.29	0.14	0.10
Ancho 13 (mm)					0.14	0.16	
Ancho 14 (mm)					0.13	0.10	
Ancho 15 (mm)					0.10	0.13	
Ancho 16 (mm)						0.14	
Ancho 17 (mm)						0.19	
Ancho 18 (mm)						0.23	
Ancho 19 (mm)						0.19	
Ancho 20 (mm)						0.10	
Ancho 21 (mm)						0.15	
Ancho 22 (mm)						0.13	
Prom. (mm)	0.13	0.12	0.11	0.15	0.14	0.15	0.14

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.13

Tabla 37: Datos de fisuración 24 horas PHC3

FISURACIÓN 7 DÍAS:							
12/11/2018							
Fisura N°	1	2	3	4	5	6	7
Longitud (mm)	150	85	90	130	220	330	210
Ancho 01 (mm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Ancho 02 (mm)	0.10	0.11	0.13	0.12	0.10	0.13	0.11
Ancho 03 (mm)	0.10	0.10	0.14	0.13	0.14	0.13	0.10
Ancho 04 (mm)	0.10	0.14	0.10	0.14	0.17	0.16	0.10
Ancho 05 (mm)	0.16	0.10	0.15	0.17	0.12	0.10	0.14
Ancho 06 (mm)	0.12	0.11	0.10	0.20	0.11	0.10	0.19
Ancho 07 (mm)	0.20	0.14	0.10	0.10	0.13	0.10	0.21
Ancho 08 (mm)	0.11	0.32	0.19	0.12	0.17	0.17	0.14
Ancho 09 (mm)	0.10	0.21	0.11	0.25	0.13	0.15	0.10
Ancho 10 (mm)	0.14	0.10	0.10	0.10	0.14	0.14	0.10
Ancho 11 (mm)	0.13	0.15		0.10	0.10	0.12	0.10
Ancho 12 (mm)	0.13			0.10	0.13	0.10	0.12
Ancho 13 (mm)	0.22			0.14	0.14	0.10	0.10
Ancho 14 (mm)	0.15			0.19	0.11	0.10	0.11
Ancho 15 (mm)	0.14				0.10	0.13	0.13
Ancho 16 (mm)					0.18	0.14	0.14
Ancho 17 (mm)					0.10	0.11	0.10
Ancho 18 (mm)					0.13	0.16	0.10
Ancho 19 (mm)					0.13	0.14	0.10
Ancho 20 (mm)					0.11	0.10	0.13
Ancho 21 (mm)					0.11	0.12	0.13
Ancho 22 (mm)					0.16	0.13	0.11
Ancho 23 (mm)						0.13	
Ancho 24 (mm)						0.15	
Ancho 25 (mm)						0.16	
Ancho 26 (mm)						0.13	
Ancho 27 (mm)						0.12	
Ancho 28 (mm)						0.23	
Ancho 29 (mm)						0.24	
Ancho 30 (mm)						0.18	
Ancho 31 (mm)						0.24	
Ancho 32 (mm)						0.16	
Ancho 33 (mm)						0.11	
Prom. (mm)	0.13	0.14	0.12	0.14	0.13	0.14	0.12

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.13

Tabla 38: Datos de fisuración 7 días PHC3

FISURACIÓN 28 DÍAS:							
03/12/2018							
Fisura N°	1	2	3	4	5	6	7
Longitud (mm)	155	90	100	130	230	330	210
Ancho 01 (mm)	0.12	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10	0.11
Ancho 02 (mm)	0.16	0.14	0.10	0.13	0.12	0.12	0.12
Ancho 03 (mm)	0.10	0.10	0.10	0.12	0.11	0.16	0.13
Ancho 04 (mm)	0.14	0.10	0.15	0.11	0.10	0.13	0.18
Ancho 05 (mm)	0.13	0.10	0.12	0.12	0.10	0.17	0.20
Ancho 06 (mm)	0.11	0.13	0.16	0.10	0.10	0.19	0.17
Ancho 07 (mm)	0.14	0.10	0.10	0.22	0.11	0.11	0.13
Ancho 08 (mm)	0.17	0.10	0.12	0.14	0.11	0.12	0.10
Ancho 09 (mm)	0.10	0.11	0.10	0.11	0.13	0.13	0.16
Ancho 10 (mm)	0.11		0.11	0.10	0.12	0.13	0.14
Ancho 11 (mm)	0.10		0.11	0.11	0.13	0.10	0.12
Ancho 12 (mm)	0.11			0.10	0.12	0.13	0.12
Ancho 13 (mm)	0.11			0.12	0.10	0.16	0.11
Ancho 14 (mm)	0.10				0.10	0.13	0.14
Ancho 15 (mm)	0.11				0.11	0.12	0.12
Ancho 16 (mm)	0.12				0.12	0.13	0.12
Ancho 17 (mm)					0.14	0.14	0.14
Ancho 18 (mm)					0.10	0.10	0.13
Ancho 19 (mm)					0.11	0.10	0.13
Ancho 20 (mm)					0.10	0.16	0.12
Ancho 21 (mm)					0.10	0.13	0.13
Ancho 22 (mm)					0.12	0.11	
Ancho 23 (mm)					0.11	0.13	
Ancho 24 (mm)						0.17	
Ancho 25 (mm)						0.16	
Ancho 26 (mm)						0.17	
Ancho 27 (mm)						0.18	
Ancho 28 (mm)						0.12	
Ancho 29 (mm)						0.12	
Ancho 30 (mm)						0.17	
Ancho 31 (mm)						0.14	
Ancho 32 (mm)						0.13	
Ancho 33 (mm)						0.12	
Prom. (mm)	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.14	0.13

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.12

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 39: Datos de fisuración 28 días PHC3

• **HMES1: Hormigón con Malla Electrosoldada 1**

FECHA:	12/11/2018							
PROBETA		HORMIGÓN			() N/A; (X) MALLA; () FIBRA			
Probeta N°	4	f'c ()Mpa; (x)kg/cm ²	210	Material	Acero			
Identificación	HMES1	Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c	Descripción	Armex R158			
Descripción	Hormigón Malla 1	Agua (lt)	222.86	0.46	Long. (mm)	10x10		
Dimensiones (mm)		Cemento	451.81		Diám. (mm)	4x4		
Largo	560	Grava	912.09	Asent (mm)	Forma Cuadrada			
Ancho	358	Arena	745.55	90	Acero () kg/m ³ ; (X) mm ² /m	158		
Altura	67 sobre cresta	Aditivo	0.00					
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL								
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)
1		00:00	10:50	33.0	40	5.6	1738.70	-
2		00:30	11:20	33.9	40	6.4	1713.80	0.98
3		01:00	11:50	34.7	40	6.0	1687.00	1.06
4	1ra lectura	01:30	12:20	33.0	40	6.1	1644.30	1.69
5		02:00	12:50	33.4	40	6.0	1616.80	1.09
6	Inicial	02:30	13:20	33.8	40	6.1	1590.90	1.02
7	Inicial	03:00	13:50	33.8	40	6.3	1566.60	0.96
8	Final	03:30	14:20	35.1	40	6.3	1544.00	0.89
9	Final	04:00	14:50	36.9	40	5.3	1516.00	1.11
							PROMEDIO	1.10
								OK

Tabla 40: Control de cámara ambiental HMES1

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:								
13/11/2018								
Fisura N°	1	2	3	4	5	6		
Longitud (mm)	120	140	250		210	100	240	
Ancho 01 (mm)	0.20	0.10	0.10	0.18	0.10	0.12	0.12	0.10
Ancho 02 (mm)	0.13	0.18	0.14	0.13	0.11	0.16	0.10	0.10
Ancho 03 (mm)	0.14	0.27	0.10	0.11	0.10	0.18	0.10	0.10
Ancho 04 (mm)	0.18	0.17	0.10		0.12	0.17	0.10	0.11
Ancho 05 (mm)	0.15	0.10	0.13		0.12	0.27	0.10	0.10
Ancho 06 (mm)	0.13	0.29	0.14		0.22	0.25	0.12	0.14
Ancho 07 (mm)	0.10	0.11	0.21		0.20	0.41	0.10	0.10
Ancho 08 (mm)	0.10	0.11	0.13		0.21	0.15	0.10	0.10
Ancho 09 (mm)	0.10	0.17	0.11		0.20	0.11	0.10	
Ancho 10 (mm)	0.11	0.16	0.17		0.16	0.13	0.10	
Ancho 11 (mm)	0.11	0.10	0.14		0.12		0.12	
Ancho 12 (mm)	0.10	0.10	0.10		0.10		0.16	
Ancho 13 (mm)		0.11	0.10		0.11		0.21	
Ancho 14 (mm)		0.11	0.10		0.10		0.12	
Ancho 15 (mm)		0.11	0.14		0.10		0.13	
Ancho 16 (mm)		0.11	0.10		0.11		0.14	
Ancho 17 (mm)		0.11	0.10		0.10		0.13	
Ancho 18 (mm)		0.11	0.20		0.20		0.17	
Ancho 19 (mm)		0.11	0.17		0.10		0.21	
Ancho 20 (mm)		0.11	0.13		0.10		0.15	
Ancho 21 (mm)		0.11	0.10		0.14		0.10	
Ancho 22 (mm)		0.11	0.10		0.10		0.14	
Prom. (mm)	0.13	0.13	0.13		0.13	0.20	0.12	

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.14

Tabla 41: Datos de fisuración 24 horas HMES1

FISURACIÓN 7 DÍAS:								
19/11/2018								
Fisura N°	1	2	3	4		5	6	
Longitud (mm)	130	190	270	380		150	340	
Ancho 01 (mm)	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.17	0.12	0.10
Ancho 02 (mm)	0.11	0.10	0.15	0.10	0.11	0.15	0.12	0.13
Ancho 03 (mm)	0.12	0.13	0.16	0.15	0.11	0.14	0.14	0.14
Ancho 04 (mm)	0.13	0.14	0.13	0.10	0.13	0.22	0.13	0.12
Ancho 05 (mm)	0.13	0.10	0.10	0.18	0.20	0.32	0.13	0.13
Ancho 06 (mm)	0.12	0.10	0.14	0.13	0.17	0.28	0.12	0.11
Ancho 07 (mm)	0.15	0.10	0.12	0.10	0.15	0.22	0.13	0.13
Ancho 08 (mm)	0.15	0.13	0.15	0.11	0.12	0.19	0.12	0.15
Ancho 09 (mm)	0.16	0.13	0.15	0.13	0.12	0.18	0.11	
Ancho 10 (mm)	0.18	0.13	0.14	0.17	0.24	0.12	0.13	
Ancho 11 (mm)	0.17	0.10	0.20	0.16	0.24	0.10	0.15	
Ancho 12 (mm)	0.14	0.12	0.13	0.13		0.10	0.12	
Ancho 13 (mm)	0.10	0.15	0.11	0.11		0.11	0.11	
Ancho 14 (mm)		0.16	0.10	0.15		0.17	0.14	
Ancho 15 (mm)		0.12	0.15	0.16		0.16	0.15	
Ancho 16 (mm)		0.12	0.15	0.12		0.12	0.18	
Ancho 17 (mm)		0.11	0.13	0.20			0.16	
Ancho 18 (mm)		0.11	0.10	0.21			0.13	
Ancho 19 (mm)		0.28	0.10	0.21			0.14	
Ancho 20 (mm)		0.19	0.10	0.21			0.13	
Ancho 21 (mm)			0.10	0.19			0.14	
Ancho 22 (mm)			0.11	0.15			0.15	
Ancho 23 (mm)			0.20	0.26			0.20	
Ancho 24 (mm)			0.13	0.24			0.12	
Ancho 25 (mm)			0.12	0.16			0.11	
Ancho 26 (mm)			0.28	0.12			0.18	
Ancho 27 (mm)			0.28	0.12			0.13	
Ancho 28 (mm)			0.14	0.17			0.10	
Prom. (mm)	0.14	0.13	0.15		0.15	0.17	0.13	
ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.15								

Tabla 42: Datos de fisuración 7 días HMES1

FISURACIÓN 28 DÍAS:									
10/12/2018									
Fisura N°	1	2	3	4	5	6			
Longitud (mm)	160	210	270	380		150	340		
Ancho 01 (mm)	0.11	0.10	0.10	0.12	0.10	0.11	0.10	0.10	
Ancho 02 (mm)	0.10	0.10	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	
Ancho 03 (mm)	0.10	0.12	0.11	0.10	0.11	0.33	0.11		
Ancho 04 (mm)	0.10	0.12	0.11	0.11	0.11	0.38	0.10		
Ancho 05 (mm)	0.11	0.10	0.11	0.10	0.12	0.25	0.11		
Ancho 06 (mm)	0.14	0.10	0.15	0.12	0.12	0.16	0.10		
Ancho 07 (mm)	0.12	0.10	0.10	0.13		0.16	0.10		
Ancho 08 (mm)	0.15	0.11	0.10	0.13		0.15	0.10		
Ancho 09 (mm)	0.19	0.10	0.11	0.12		0.13	0.11		
Ancho 10 (mm)	0.11	0.12	0.11	0.10		0.12	0.10		
Ancho 11 (mm)	0.15	0.12	0.12	0.15		0.11	0.13		
Ancho 12 (mm)	0.10	0.30	0.17	0.19		0.12	0.14		
Ancho 13 (mm)	0.11	0.32	0.16	0.24		0.10	0.13		
Ancho 14 (mm)	0.10	0.12	0.11	0.13		0.10	0.16		
Ancho 15 (mm)	0.11	0.10	0.10	0.10			0.14		
Ancho 16 (mm)	0.10	0.10	0.14	0.11			0.13		
Ancho 17 (mm)		0.11	0.13	0.15			0.13		
Ancho 18 (mm)		0.11	0.10	0.17			0.13		
Ancho 19 (mm)		0.13	0.14	0.17			0.10		
Ancho 20 (mm)		0.11	0.10	0.16			0.10		
Ancho 21 (mm)		0.11	0.10	0.20			0.10		
Ancho 22 (mm)			0.10	0.13			0.10		
Ancho 23 (mm)			0.10	0.15			0.11		
Ancho 24 (mm)			0.10	0.20			0.10		
Ancho 25 (mm)			0.11	0.14			0.11		
Ancho 26 (mm)			0.11	0.13			0.12		
Ancho 27 (mm)			0.12	0.10			0.16		
Ancho 28 (mm)			0.16	0.11			0.23		
Ancho 29 (mm)			0.12	0.10			0.12		
Ancho 30 (mm)			0.23	0.10			0.15		
Ancho 31 (mm)			0.22	0.10			0.23		
Ancho 32 (mm)			0.23	0.11			0.12		
Prom. (mm)	0.12	0.13	0.13		0.11	0.17	0.12		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.13 </div>									
Ensayo:	Sebastián Constante				Revisa:	Ing. Wilson Cando			

Tabla 43: Datos de fisuración 28 días HMESI

• **HMES2: Hormigón con Malla Electrosoldada 2**

FECHA:	15/11/2018								
PROBETA		HORMIGÓN			() N/A; (X) MALLA; () FIBRA				
Probeta N°	5	f'c ()Mpa; (x)kg/cm ²	210		Material	Acero			
Identificación	HMES2	Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c		Descripción	Armedex R158			
Descripción	Hormigón Malla 2	Agua (lt)	222.86	0.46	Long. (mm)	10x10			
Dimensiones (mm)		Cemento	451.81		Diám. (mm)	4x4			
Largo	560	Grava	912.09	Asent (mm)	Forma	Cuadrada			
Ancho	357	Arena	745.55		90	Acero () kg/m ² ; (X) mm ² /m	158		
Altura	69 sobre cresta	Aditivo	0.00						
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL									
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)	
1		00:00	10:05	33.4	40	6.1	1740.70	-	
2		00:30	10:35	33.7	40	6.4	1714.50	1.03	
3		01:00	11:05	38.1	40	6.1	1689.50	0.99	
4	1ra lectura	01:30	11:35	35.0	40	6.2	1652.80	1.45	
5	Inicial	02:00	12:05	33.7	35	7.1	1621.90	1.22	
6	Inicial	02:30	12:35	34.3	29	6.9	1593.50	1.12	
7		03:00	13:05	34.7	40	6.6	1564.60	1.14	
8	Final	03:30	13:35	35.0	28	5.8	1534.10	1.20	
9	Final	03:45	13:50	35.1	37	6.2	1520.40	1.08	
PROMEDIO								1.15	
								OK	

Tabla 44: Control de cámara ambiental HMES2

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:						
16/11/2018						
Fisura N°	1	2	3	4	5	6
Longitud (mm)	180	70	55	120	140	55
Ancho 01 (mm)	0.10	0.10	0.13	0.10	0.10	0.10
Ancho 02 (mm)	0.14	0.10	0.15	0.10	0.10	0.11
Ancho 03 (mm)	0.18	0.18	0.19	0.17	0.11	0.19
Ancho 04 (mm)	0.10	0.11	0.18	0.16	0.10	0.10
Ancho 05 (mm)	0.11	0.10	0.13	0.11	0.10	0.11
Ancho 06 (mm)	0.10	0.10	0.10	0.11	0.22	0.12
Ancho 07 (mm)	0.10			0.21	0.33	
Ancho 08 (mm)	0.12			0.15	0.55	
Ancho 09 (mm)	0.10			0.21	0.39	
Ancho 10 (mm)	0.10			0.17	0.17	
Ancho 11 (mm)	0.11			0.13	0.10	
Ancho 12 (mm)	0.10			0.11	0.17	
Ancho 13 (mm)	0.13			0.10	0.19	
Ancho 14 (mm)	0.11				0.16	
Ancho 15 (mm)	0.16					
Ancho 16 (mm)	0.11					
Ancho 17 (mm)	0.10					
Ancho 18 (mm)	0.10					
Prom. (mm)	0.12	0.12	0.15	0.14	0.20	0.12

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.14

Tabla 45: Datos de fisuración 24 horas HMES2

FISURACIÓN 7 DÍAS:							
22/11/2018							
Fisura N°	1	2	3	4	5	6	7
Longitud (mm)	185	80	55	125	250	60	130
Ancho 01 (mm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.1
Ancho 02 (mm)	0.13	0.10	0.25	0.18	0.10	0.11	0.16
Ancho 03 (mm)	0.20	0.14	0.18	0.21	0.10	0.21	0.19
Ancho 04 (mm)	0.17	0.17	0.17	0.19	0.13	0.31	0.16
Ancho 05 (mm)	0.16	0.16	0.20	0.10	0.15	0.18	0.16
Ancho 06 (mm)	0.11	0.10	0.12	0.24	0.10	0.17	0.12
Ancho 07 (mm)	0.10	0.12		0.30	0.11	0.17	0.12
Ancho 08 (mm)	0.14	0.11		0.34	0.19		0.1
Ancho 09 (mm)	0.12	0.12		0.21	0.16		0.13
Ancho 10 (mm)	0.10			0.20	0.18		0.11
Ancho 11 (mm)	0.10			0.10	0.41		0.15
Ancho 12 (mm)	0.10			0.13	0.66		0.12
Ancho 13 (mm)	0.11			0.17	0.32		0.13
Ancho 14 (mm)	0.10			0.12	0.18		
Ancho 15 (mm)	0.18				0.13		
Ancho 16 (mm)	0.10				0.21		
Ancho 17 (mm)	0.11				0.20		
Ancho 18 (mm)	0.10				0.30		
Ancho 19 (mm)	0.11				0.10		
Ancho 20 (mm)	0.16				0.11		
Ancho 21 (mm)					0.16		
Ancho 22 (mm)					0.13		
Ancho 23 (mm)					0.11		
Ancho 24 (mm)					0.12		
Ancho 25 (mm)					0.11		
Ancho 26 (mm)					0.10		
Prom. (mm)	0.13	0.12	0.17	0.19	0.18	0.18	0.13

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.16

Tabla 46: Datos de fisuración 7 días HMES2

FISURACIÓN 28 DÍAS:							
13/12/2018							
Fisura N°	1	2	3	4	5	6	7
Longitud (mm)	210	80	70	125	250	60	130
Ancho 01 (mm)	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.12
Ancho 02 (mm)	0.13	0.11	0.16	0.12	0.10	0.24	0.11
Ancho 03 (mm)	0.14	0.15	0.15	0.16	0.10	0.16	0.14
Ancho 04 (mm)	0.16	0.16	0.25	0.18	0.11	0.11	0.13
Ancho 05 (mm)	0.13	0.11	0.15	0.20	0.19	0.11	0.12
Ancho 06 (mm)	0.11	0.10	0.17	0.17	0.18	0.10	0.14
Ancho 07 (mm)	0.10	0.12	0.12	0.21	0.32		0.12
Ancho 08 (mm)	0.10	0.11		0.18	0.24		0.1
Ancho 09 (mm)	0.10			0.21	0.18		0.13
Ancho 10 (mm)	0.11			0.14	0.16		0.11
Ancho 11 (mm)	0.10			0.14	0.11		0.11
Ancho 12 (mm)	0.11			0.12	0.10		0.12
Ancho 13 (mm)	0.10			0.11	0.11		0.12
Ancho 14 (mm)	0.11				0.13		
Ancho 15 (mm)	0.11				0.12		
Ancho 16 (mm)	0.12				0.12		
Ancho 17 (mm)	0.11				0.12		
Ancho 18 (mm)	0.13				0.11		
Ancho 19 (mm)	0.22				0.10		
Ancho 20 (mm)	0.12				0.10		
Ancho 21 (mm)	0.13				0.11		
Ancho 22 (mm)					0.11		
Ancho 23 (mm)					0.12		
Ancho 24 (mm)					0.15		
Ancho 25 (mm)					0.13		
Prom. (mm)	0.12	0.12	0.16	0.16	0.14	0.14	0.12

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.14

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 47: Datos de fisuración 28 días HMES2

• **HMES3: Hormigón con Malla Electrosoldada 3**

FECHA:	03/12/2018							
PROBETA			HORMIGÓN			() N/A; (X) MALLA; () FIBRA		
Probeta N°	9		f'c () Mpa; (x) kg/cm ²	210		Material	Acero	
Identificación	HMES3		Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c	0.46	Descripción	Armex R158	
Descripción	Hormigón Malla 3		Agua (lt)			222.86	Long. (mm)	10x10
Dimensiones (mm)			Cemento	451.81		Diám. (mm)	4x4	
Largo	560		Grava	912.09		Asent (mm)	Forma	Cuadrada
Ancho	356		Arena	745.55			Acero () kg/m ³ ; (X) mm ² /m	158
Altura	72 sobre cresta		Aditivo	0.00				
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL								
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)
1		00:00	10:25	33.3	40	6.2	1756.40	-
2		00:30	10:55	35.7	40	5.9	1730.10	1.04
3		01:00	11:25	34.9	33	6.1	1690.20	1.57
4	1ra lectura	01:30	11:55	36.2	31	5.7	1646.60	1.72
5		02:00	12:25	35.7	40	6.3	1612.00	1.37
6	Inicial	02:30	12:55	37.8	25	6	1577.00	1.38
7	Inicial	03:00	13:25	36.6	33	6.3	1540.00	1.46
8	Final	03:30	13:55	36.0	25	6	1501.00	1.54
9	Final	04:00	14:25	37.0	35	5.9	1460.10	1.61
							PROMEDIO	1.46
								OK

Tabla 48: Control de cámara ambiental HMES3

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:		
04/12/2018		
Fisura N°	1	2
Longitud (mm)	40	65
Ancho 01 (mm)	0.21	0.11
Ancho 02 (mm)	0.21	0.10
Ancho 03 (mm)	0.20	0.10
Ancho 04 (mm)	0.18	0.10
Ancho 05 (mm)		0.12
Ancho 06 (mm)		0.11
Ancho 07 (mm)		0.12
Ancho 08 (mm)		
Prom. (mm)	0.20	0.11

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.15

Tabla 49: Datos de fisuración 24 horas HMES3

FISURACIÓN 7 DÍAS:				
10/12/2018				
Fisura N°	1	2	3	4
Longitud (mm)	50	80	90	70
Ancho 01 (mm)	0.21	0.10	0.10	0.10
Ancho 02 (mm)	0.23	0.10	0.11	0.15
Ancho 03 (mm)	0.31	0.11	0.14	0.14
Ancho 04 (mm)	0.21	0.10	0.15	0.17
Ancho 05 (mm)	0.23	0.15	0.16	0.15
Ancho 06 (mm)		0.13	0.17	0.10
Ancho 07 (mm)		0.15	0.21	0.15
Ancho 08 (mm)		0.12	0.17	0.11
Ancho 09 (mm)			0.16	
Prom. (mm)	0.24	0.12	0.15	0.13
ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.16				

Tabla 50: Datos de fisuración 7 días HMES3

FISURACIÓN 28 DÍAS:					
02/01/2019					
Fisura N°	1	2	3	4	
Longitud (mm)	50	150	90	70	60
Ancho 01 (mm)	0.11	0.10	0.15	0.10	0.10
Ancho 02 (mm)	0.18	0.13	0.11	0.10	0.14
Ancho 03 (mm)	0.32	0.10	0.10	0.11	0.10
Ancho 04 (mm)	0.29	0.12	0.11	0.11	0.12
Ancho 05 (mm)	0.11	0.11	0.16	0.11	0.15
Ancho 06 (mm)		0.10	0.14	0.13	0.12
Ancho 07 (mm)		0.11	0.12	0.10	
Ancho 08 (mm)		0.10	0.12		
Ancho 09 (mm)		0.11	0.13		
Ancho 10 (mm)		0.11			
Ancho 11 (mm)		0.12			
Ancho 12 (mm)		0.10			
Ancho 13 (mm)		0.18			
Ancho 14 (mm)		0.14			
Ancho 15 (mm)		0.13			
Prom. (mm)	0.20	0.11	0.13	0.11	0.12
ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.13					

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 51: Datos de fisuración 28 días HMES3

- H15F1: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero 1

FECHA:	19/11/2018								
PROBETA			HORMIGÓN			() N/A; () MALLA; (X) FIBRA			
Probeta N°	6		f'c ()Mpa; (x)kg/cm ²	210		Material	Acero		
Identificación	H15F1		Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c	Descripción		Dramix 3D 60/80 BG		
Descripción	Hormigón Fibra 15-1		Agua (lt)	222.86	0.46	Long. (mm)	60		
Dimensiones (mm)			Cemento	451.81		Diám. (mm)	0.75		
Largo			Grava	912.09	Asent (mm)	Forma	3D		
Ancho			Arena	745.55		80	ACERO (X) kg/m ³ ; () mm ² /m	15	
Altura			Aditivo	0.00					
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL									
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)	
1		00:00	10:45	33.0	40	6.5	1825.70	-	
2		00:30	11:15	33.5	40	6.4	1798.60	1.07	
3		01:00	11:45	33.8	32	6.2	1769.70	1.14	
4	1ra lectura	01:30	12:15	34.4	29	6.3	1740.20	1.16	
5		02:00	12:45	34.1	28	6.2	1714.20	1.03	
6	Inicial	02:30	13:15	33.5	28	6.1	1687.10	1.07	
7	Inicial	03:00	13:45	34.1	29	7.0	1660.00	1.07	
8	Final	03:30	14:15	37.0	29	6.2	1628.90	1.23	
9	Final	04:00	14:45	36.6	27	6.6	1602.90	1.03	
							PROMEDIO	1.10	
								OK	

Tabla 52: Control de cámara ambiental H15F1

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:				
20/11/2018				
Fisura N°	1	2	3	4
Longitud (mm)	70	80	110	60
Ancho 01 (mm)	0.09	0.07	0.11	0.07
Ancho 02 (mm)	0.10	0.06	0.07	0.08
Ancho 03 (mm)	0.07	0.08	0.07	0.04
Ancho 04 (mm)	0.11	0.07	0.07	0.10
Ancho 05 (mm)	0.16	0.09	0.06	0.07
Ancho 06 (mm)	0.16	0.13	0.11	0.11
Ancho 07 (mm)	0.09	0.11	0.07	0.11
Ancho 08 (mm)	0.07	0.06	0.11	0.07
Ancho 09 (mm)		0.09	0.17	0.06
Ancho 10 (mm)			0.11	
Ancho 11 (mm)			0.10	
Ancho 12 (mm)			0.06	
Ancho 13 (mm)			0.11	
Prom. (mm)	0.11	0.08	0.09	0.08
ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.09				

Tabla 53: Datos de fisuración 24 horas H15F1

FISURACIÓN 7 DÍAS:				
26/11/2018				
Fisura N°	1	2	3	4
Longitud (mm)	195	100	120	70
Ancho 01 (mm)	0.09	0.06	0.10	0.07
Ancho 02 (mm)	0.06	0.07	0.10	0.07
Ancho 03 (mm)	0.11	0.06	0.07	0.06
Ancho 04 (mm)	0.15	0.08	0.10	0.12
Ancho 05 (mm)	0.16	0.07	0.08	0.12
Ancho 06 (mm)	0.13	0.17	0.05	0.19
Ancho 07 (mm)	0.11	0.14	0.21	0.07
Ancho 08 (mm)	0.06	0.16	0.06	0.18
Ancho 09 (mm)	0.06	0.09	0.13	
Ancho 10 (mm)	0.08	0.07	0.08	
Ancho 11 (mm)	0.07	0.09	0.12	
Ancho 12 (mm)	0.06		0.09	
Ancho 13 (mm)	0.08		0.11	
Ancho 14 (mm)	0.11		0.07	
Ancho 15 (mm)	0.04			
Ancho 16 (mm)	0.07			
Ancho 17 (mm)	0.03			
Ancho 18 (mm)	0.05			
Ancho 19 (mm)	0.06			
Ancho 20 (mm)	0.06			
Prom. (mm)	0.08	0.10	0.10	0.11
ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.10				

Tabla 54: Datos de fisuración 7 días H15F1

FISURACIÓN 28 DÍAS:				
17/12/2018				
Fisura N°	1	2	3	4
Longitud (mm)	200	120	130	70
Ancho 01 (mm)	0.07	0.10	0.09	0.12
Ancho 02 (mm)	0.08	0.09	0.11	0.18
Ancho 03 (mm)	0.08	0.11	0.07	0.13
Ancho 04 (mm)	0.09	0.06	0.10	0.07
Ancho 05 (mm)	0.16	0.08	0.08	0.09
Ancho 06 (mm)	0.19	0.08	0.07	0.08
Ancho 07 (mm)	0.16	0.07	0.07	0.06
Ancho 08 (mm)	0.08	0.10	0.09	
Ancho 09 (mm)	0.08	0.11	0.22	
Ancho 10 (mm)	0.06	0.07	0.08	
Ancho 11 (mm)	0.15	0.08	0.08	
Ancho 12 (mm)	0.09	0.06	0.06	
Ancho 13 (mm)	0.07		0.06	
Ancho 14 (mm)	0.11			
Ancho 15 (mm)	0.06			
Ancho 16 (mm)	0.07			
Ancho 17 (mm)	0.07			
Ancho 18 (mm)	0.08			
Ancho 19 (mm)	0.08			
Ancho 20 (mm)	0.06			
Ancho 21 (mm)	0.06			
Prom. (mm)	0.09	0.08	0.09	0.10
ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.09				

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 55: Datos de fisuración 28 días H15F1

• H15F2: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero 2

FECHA:	21/11/2018							
PROBETA			HORMIGÓN			() N/A; (X) MALLA; () FIBRA		
Probeta N°	7		f'c ()Mpa; (x)kg/cm ²	210		Material	Acero	
Identificación	H15F2		Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c		Descripción	Dramix 3D 60/80 BG	
Descripción	Hormigón Fibra 15-2		Agua (lt)	222.86		Long. (mm)	60	
Dimensiones (mm)			Cemento	451.81		Diám. (mm)	0.75	
Largo	560		Grava	912.09		Forma	3D	
Ancho	357		Arena	745.55		Acero () kg/m ³ ; (X) mm ² /m	15	
Altura	70 sobre cresta		Aditivo	0.00				
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL								
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)
1		00:00	09:25	33.8	40	6.7	1671.80	-
2		00:30	09:55	33.4	40	6.5	1644.80	1.07
3		01:00	10:25	35.3	33	6.2	1617.30	1.09
4	1ra lectura	01:30	10:55	37.8	30	6.2	1586.40	1.22
5		02:00	11:25	36.0	32	6.5	1554.00	1.28
6	Inicial	02:30	11:55	36.2	28	6.0	1522.40	1.25
7	Inicial	03:00	12:25	36.4	29	6.1	1488.90	1.32
8	Final	03:30	12:55	36.3	29	5.9	1457.80	1.23
9	Final	04:00	13:25	36.4	28	6.2	1428.40	1.16
							PROMEDIO	1.20
								OK

Tabla 56: Control de cámara ambiental H15F2

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:						
22/11/2018						
Fisura N°	1	2	3	4	5	
Longitud (mm)	80	230	160	100	40	
Ancho 01 (mm)	0.06	0.07	0.29	0.03	0.08	0.07
Ancho 02 (mm)	0.05	0.06	0.15	0.13	0.11	0.07
Ancho 03 (mm)	0.09	0.09	0.07	0.13	0.09	0.07
Ancho 04 (mm)	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.06
Ancho 05 (mm)	0.07	0.08	0.08	0.11	0.09	0.06
Ancho 06 (mm)	0.11	0.11	0.07	0.09	0.06	
Ancho 07 (mm)	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	
Ancho 08 (mm)	0.17	0.32	0.08	0.08	0.09	
Ancho 09 (mm)	0.10	0.23	0.05	0.10	0.07	
Ancho 10 (mm)	0.07	0.18	0.05	0.10	0.06	
Ancho 11 (mm)	0.05	0.20		0.07	0.09	
Ancho 12 (mm)	0.06	0.11		0.07	0.05	
Ancho 13 (mm)		0.08		0.06		
Ancho 14 (mm)		0.07		0.05		
Ancho 15 (mm)		0.11		0.06		
Ancho 16 (mm)		0.15		0.06		
Prom. (mm)	0.08	0.11	0.08	0.08	0.08	0.07

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.08

Tabla 57: Datos de fisuración 24 horas H15F2

FISURACIÓN 7 DÍAS:					
28/11/2018					
Fisura N°	1	2	3	4	5
Longitud (mm)	130	230	170	110	60
Ancho 01 (mm)	0.06	0.09	0.07	0.08	0.11
Ancho 02 (mm)	0.06	0.13	0.09	0.11	0.06
Ancho 03 (mm)	0.05	0.06	0.09	0.16	0.08
Ancho 04 (mm)	0.16	0.09	0.04	0.12	0.15
Ancho 05 (mm)	0.08	0.28	0.11	0.08	0.09
Ancho 06 (mm)	0.09	0.14	0.08	0.07	0.06
Ancho 07 (mm)	0.10	0.13	0.08	0.12	0.07
Ancho 08 (mm)	0.06	0.12	0.12	0.09	
Ancho 09 (mm)	0.07	0.07	0.13	0.05	
Ancho 10 (mm)	0.06	0.06	0.06	0.09	
Ancho 11 (mm)	0.07	0.05	0.07	0.08	
Ancho 12 (mm)	0.05	0.12	0.17	0.07	
Ancho 13 (mm)	0.09	0.10	0.19		
Ancho 14 (mm)		0.27	0.10		
Ancho 15 (mm)		0.13	0.11		
Ancho 16 (mm)		0.06	0.08		
Ancho 17 (mm)		0.04	0.05		
Ancho 18 (mm)		0.12	0.09		
Ancho 19 (mm)		0.09	0.09		
Ancho 20 (mm)		0.11	0.09		
Ancho 21 (mm)		0.09	0.09		
Ancho 22 (mm)		0.08	0.09		
Ancho 23 (mm)		0.10	0.09		
Prom. (mm)	0.08	0.11	0.09	0.09	0.09

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.09

Tabla 58: Datos de fisuración 7 días H15F2

FISURACIÓN 28 DÍAS:					
19/12/2018					
Fisura N°	1	2	3	4	5
Longitud (mm)	130	230	170	120	60
Ancho 01 (mm)	0.06	0.04	0.07	0.06	0.15
Ancho 02 (mm)	0.06	0.09	0.07	0.10	0.08
Ancho 03 (mm)	0.07	0.21	0.19	0.11	0.05
Ancho 04 (mm)	0.07	0.13	0.09	0.10	0.07
Ancho 05 (mm)	0.08	0.13	0.11	0.07	0.07
Ancho 06 (mm)	0.09	0.08	0.16	0.10	0.08
Ancho 07 (mm)	0.08	0.10	0.12	0.07	0.07
Ancho 08 (mm)	0.12	0.05	0.07	0.08	
Ancho 09 (mm)	0.09	0.06	0.05	0.07	
Ancho 10 (mm)	0.08	0.06	0.05	0.07	
Ancho 11 (mm)	0.10	0.07	0.05	0.10	
Ancho 12 (mm)	0.08	0.17	0.05	0.08	
Ancho 13 (mm)	0.08	0.12	0.06	0.08	
Ancho 14 (mm)		0.10	0.07	0.06	
Ancho 15 (mm)		0.08	0.04		
Ancho 16 (mm)		0.10	0.09		
Ancho 17 (mm)		0.08	0.08		
Ancho 18 (mm)		0.06			
Ancho 19 (mm)		0.07			
Ancho 20 (mm)		0.06			
Ancho 21 (mm)		0.06			
Ancho 22 (mm)		0.08			
Ancho 23 (mm)		0.07			
Prom. (mm)	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.08

Ensayo: Sebastián Constante Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 59: Datos de fisuración 28 días H15F2

- H15F3: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero 3

FECHA:	27/11/2018							
PROBETA			HORMIGÓN			() N/A; (X) MALLA; () FIBRA		
Probeta N°	8		f'c () Mpa; (x) kg/cm ²	210		Material	Acero	
Identificación	H15F3		Proporciones (kg/m ³)	Relac a/c	0.46	Descripción	Dramix 3D 60/80 BG	
Descripción	Hormigón Fibra 15-3		Agua (lt)			222.86	Long. (mm)	60
Dimensiones (mm)			Cemento	451.81		Diám. (mm)	0.75	
Largo			Grava	912.09		Asent (mm)	3D	
Ancho	356		Arena	745.55		Acero () kg/m ³ ; (X) mm ² /m	15	
Altura			Aditivo	0.00				
CONTROL DE LA CÁMARA AMBIENTAL								
N° Medición	Tiempo de fraguado	Tiempo (HH:MM)	Hora	Temp. (36±3°C)	Humedad relativa (30±10%)	Veloc. Viento (≥4.7m/s)	Peso Muestra de Agua (gr)	Tasa de evaporación (>1kg/m ² h)
1		00:00	10:25	33.0	40	6.2	1666.50	-
2		00:30	10:55	34.3	32	6.1	1649.20	0.68
3		01:00	11:25	35.4	30	5.7	1640.00	0.36
4	1ra lectura	01:30	11:55	34.8	40	6.2	1620.50	0.77
5		02:00	12:25	37.9	23	6.1	1591.20	1.16
6	Inicial	02:30	12:55	36.8	23	6.5	1559.00	1.27
7	Inicial	03:00	13:25	36.3	38	6.4	1524.60	1.36
8	Final	03:30	13:55	36.0	28	5.9	1493.70	1.22
9	Final	04:00	14:25	36.3	28	5.9	1461.60	1.27
							PROMEDIO	1.01
								OK

Tabla 60: Control de cámara ambiental H15F3

Se observa que el rango de temperatura, humedad relativa, viento y tasa evaporación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa de ensayo.

FISURACIÓN 24 HORAS:				
28/11/2018				
Fisura N°	1	2	3	4
Longitud (mm)	20	120	100	45
Ancho 01 (mm)	0.16	0.07	0.05	0.06
Ancho 02 (mm)	0.13	0.06	0.07	0.06
Ancho 03 (mm)	0.11	0.10	0.06	0.09
Ancho 04 (mm)		0.11	0.07	0.08
Ancho 05 (mm)		0.03	0.09	0.07
Ancho 06 (mm)		0.05	0.11	
Ancho 07 (mm)		0.04	0.16	
Ancho 08 (mm)		0.04	0.12	
Ancho 09 (mm)		0.05	0.06	
Ancho 10 (mm)		0.06	0.05	
Ancho 11 (mm)		0.05	0.06	
Ancho 12 (mm)		0.04		
Prom. (mm)	0.13	0.06	0.08	0.07

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 24 HORAS (mm): 0.09

Tabla 61: Datos de fisuración 24 horas H15F3

FISURACIÓN 7 DÍAS:					
04/12/2018					
Fisura N°	1	2	3	4	5
Longitud (mm)	25	140	200	90	60
Ancho 01 (mm)	0.18	0.06	0.07	0.07	0.09
Ancho 02 (mm)	0.28	0.07	0.08	0.07	0.08
Ancho 03 (mm)	0.13	0.04	0.06	0.09	0.11
Ancho 04 (mm)	0.09	0.07	0.07	0.07	0.08
Ancho 05 (mm)		0.11	0.12	0.10	0.07
Ancho 06 (mm)		0.14	0.14	0.09	0.06
Ancho 07 (mm)		0.13	0.20	0.08	
Ancho 08 (mm)		0.08	0.18	0.09	
Ancho 09 (mm)		0.06	0.12	0.07	
Ancho 10 (mm)		0.05	0.10		
Ancho 11 (mm)		0.07	0.06		
Ancho 12 (mm)		0.04	0.12		
Ancho 13 (mm)		0.06	0.10		
Ancho 14 (mm)			0.08		
Ancho 15 (mm)			0.08		
Ancho 16 (mm)			0.09		
Ancho 17 (mm)			0.06		
Ancho 18 (mm)			0.07		
Ancho 19 (mm)			0.08		
Ancho 20 (mm)			0.09		
Prom. (mm)	0.17	0.08	0.10	0.08	0.08
ANCHO DE FISURA PROMEDIO 7 DÍAS (mm): 0.10					

Tabla 62: Datos de fisuración 7 días H15F3

FISURACIÓN 28 DÍAS:						
26/12/2018						
Fisura N°	1	2	3	4	5	6
Longitud (mm)	65	210	210	100	80	130
Ancho 01 (mm)	0.19	0.06	0.06	0.06	0.09	0.06
Ancho 02 (mm)	0.08	0.05	0.07	0.07	0.07	0.05
Ancho 03 (mm)	0.05	0.05	0.10	0.10	0.11	0.09
Ancho 04 (mm)	0.18	0.09	0.08	0.12	0.06	0.13
Ancho 05 (mm)	0.08	0.12	0.10	0.11	0.10	0.19
Ancho 06 (mm)	0.07	0.09	0.12	0.09	0.12	0.08
Ancho 07 (mm)	0.09	0.07	0.11	0.07	0.07	0.07
Ancho 08 (mm)		0.04	0.07	0.10	0.09	0.10
Ancho 09 (mm)		0.05	0.04	0.07	0.07	0.09
Ancho 10 (mm)		0.06	0.11	0.09		0.10
Ancho 11 (mm)		0.07	0.10			0.09
Ancho 12 (mm)		0.06	0.12			0.06
Ancho 13 (mm)		0.09	0.10			0.08
Ancho 14 (mm)		0.07	0.11			
Ancho 15 (mm)		0.09	0.20			
Ancho 16 (mm)		0.09	0.08			
Ancho 17 (mm)		0.05	0.06			
Ancho 18 (mm)		0.05	0.07			
Ancho 19 (mm)		0.07	0.07			
Ancho 20 (mm)		0.06	0.09			
Ancho 21 (mm)		0.07	0.10			
Prom. (mm)	0.11	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09

ANCHO DE FISURA PROMEDIO 28 DÍAS (mm): 0.09

Ensayo:

Sebastián Constante

Revisa:

Ing. Wilson Cando

Tabla 63: Datos de fisuración 28 días H15F3

4.1.2.3. Resultados obtenidos

Los resultados fueron obtenidos con la fórmula especificada para la tasa de reducción de fisuras utilizando una hoja de cálculo de Excel. También se presenta la comparativa de dichos resultados en la Ilustración 69 en cuyo eje de las abscisas se representa la edad del hormigón y en el de las ordenadas se representa la fisuración obtenida. Se presentan a continuación dichos resultados:

- **PHC: Prueba de Hormigón de Control**

RESUMEN DE RESULTADOS DE FISURACIÓN						
PHC: HORMIGÓN DE CONTROL						
EDAD (DÍAS)	ANCHO PROM. (mm.)				ESTADÍSTICA	
	PHC1	PHC2	PHC3	PROMEDIO	D. EST. (mm)	% VARIACIÓN
1	0.20	0.20	0.13	0.20	0.0003	0.14%
7	0.24	0.23	0.13	0.24	0.0022	0.92%
28	0.22	0.21	0.12	0.21	0.0032	1.52%
		ESTADÍSTICA				
		D. EST. (mm)	% VARIACIÓN			
		0.0301	15.15%			
		0.0488	20.69%			
		0.0431	20.28%			

Tabla 64: Resultados de fisuración del hormigón de control (PHC)

La prueba PHC3 presenta una variación demasiado alta por lo cual la desprecia.

- **HMES: Hormigón con Malla Electrosoldada**

RESUMEN DE RESULTADOS DE FISURACIÓN							
HMES: HORMIGÓN CON MALLA ELECTROSOLDADA							
EDAD (DÍAS)	ANCHO PROM. (mm.)				ESTADÍSTICA		CRR (%)
	HMES1	HMES2	HMES3	PROMEDIO	D. EST. (mm)	% VARIACIÓN	
1	0.14	0.14	0.15	0.14	0.007	4.62%	27.02%
7	0.15	0.16	0.16	0.15	0.006	4.19%	34.48%
28	0.13	0.14	0.13	0.13	0.003	2.37%	37.50%

Tabla 65: Resultados de fisuración del hormigón con malla electrosoldada (HMES)

- **H15F: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero**

RESUMEN DE RESULTADOS DE FISURACIÓN							
H15F: HORMIGÓN CON 15kg/m ³ DE FIBRA DE ACERO							
EDAD (DÍAS)	ANCHO PROM. (mm.)				ESTADÍSTICA		CRR (%)
	H15F1	H15F2	H15F3	PROMEDIO	D. EST. (mm)	% VARIACIÓN	
1	0.09	0.08	0.09	0.09	0.003	3.02%	56.02%
7	0.10	0.09	0.10	0.10	0.004	3.63%	58.91%
28	0.09	0.08	0.09	0.09	0.004	4.30%	58.30%

Tabla 66: Resultados de fisuración del hormigón con fibras de acero (H15F)

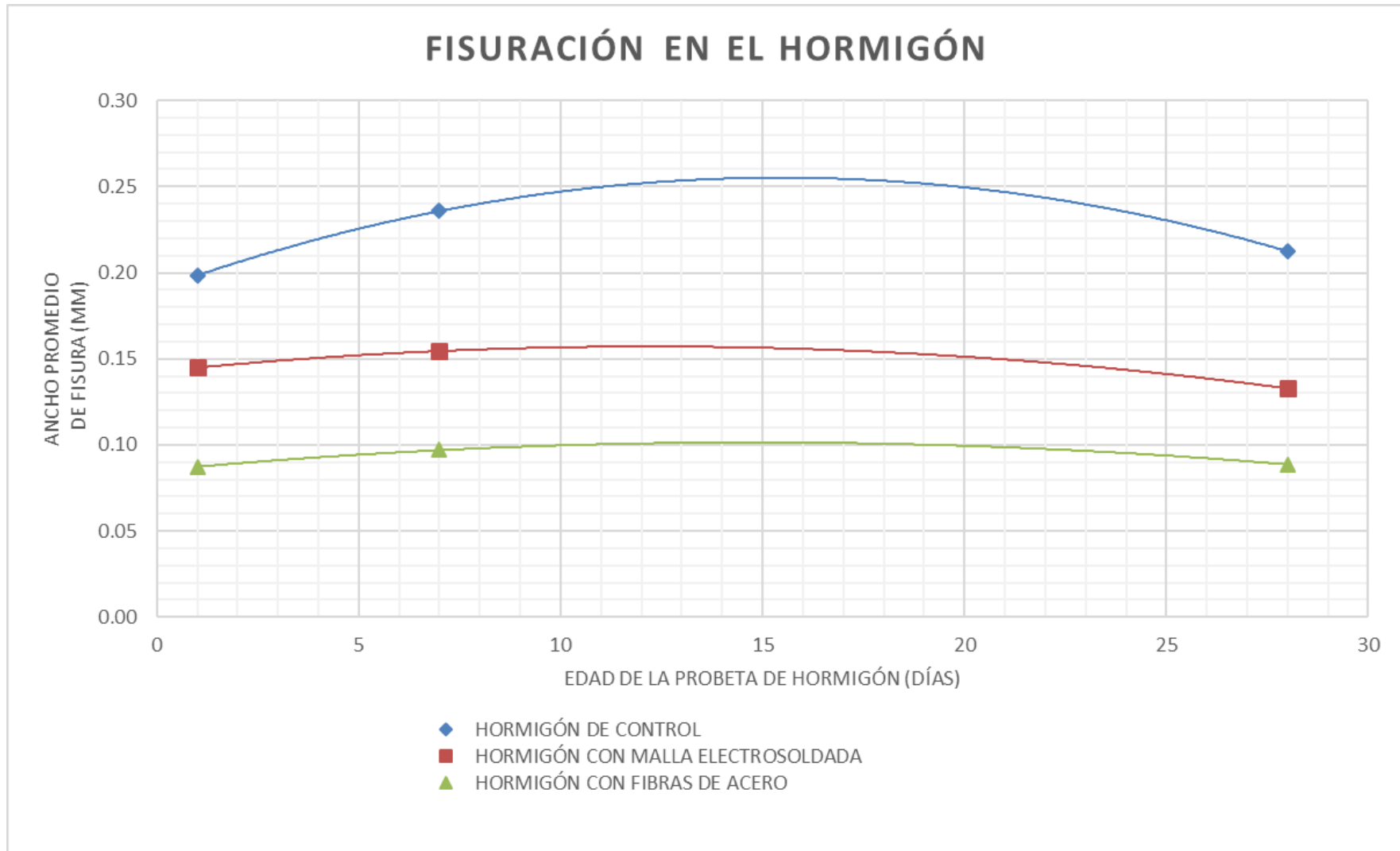


Ilustración 69: Fisuración en el Hormigón: Edad vs. Ancho de fisuras

4.1.3. *Parámetros ambientales*

4.1.3.1. *Temperatura ambiental*

Temperatura ambiental promedio (°C)						
	1	2	3	Promedio	Desv. Est.	Variación %
PHC	35.69	35.18	34.31	35.10	0.64	1.83%
HMES	34.18	34.78	35.91			
H15F	34.44	35.73	35.64			

Tabla 67: Temperatura ambiental promedio

Se observa una baja variación por lo que los resultados son consistentes y se encuentran dentro del rango permitido.

4.1.3.2. *Humedad relativa*

Humedad relativa promedio (%)						
	1	2	3	Promedio	Desv. Est.	Variación %
PHC	38	39	38	35.37	3.07	8.68%
HMES	38	37	34			
H15F	31	32	31			

Tabla 68: Humedad relativa promedio

La variación es relativamente alta pues los deshumidificadores se colocaron a la mitad de las pruebas, sin embargo, sigue siendo baja la variación con lo que para fines prácticos se toman los resultados como consistentes pues se encuentran dentro del rango permitido.

4.1.3.3. *Temperatura del hormigón*

Temperatura del hormigón promedio (%)						
	1	2	3	Promedio	Desv. Est.	Variación %
PHC	28.53	26.25	27.22	29.34	1.88	6.41%
HMES	28.02	29.62	32.00			
H15F	29.72	31.52	31.17			

Tabla 69: Temperatura del hormigón

La variación es relativamente alta pues mientras el hormigón se endurecía, el termómetro ingresaba menos en este, sin embargo, sigue siendo baja la variación con lo que para fines prácticos se toman los resultados como consistentes pues se encuentran dentro del rango permitido.

4.1.3.4. *Velocidad del viento*

Velocidad del viento promedio (m/s)							
	1	2	3	Promedio	km/h	Desv. Est.	Variación %
PHC	5.7	5.8	5.9	6.06	21.82	0.24	3.92%
HMES	6.0	6.4	6.0				
H15F	6.4	6.3	6.1				

Tabla 70: Velocidad del viento promedio

Se observa una baja variación por lo que los resultados son consistentes y se encuentran dentro del rango permitido.

4.1.3.5. *Tasa de evaporación*

Tasa de evaporación promedio (kg/m ² /h)						
	1	2	3	Promedio	Desv. Est.	Variación %
PHC	1.07	1.12	1.09	1.13	0.05	4.58%
HMES	1.10	1.15	1.23			
H15F	1.10	1.20	1.09			

Tabla 71: Tasa de evaporación promedio de los ensayos

La variación de la tasa de evaporación está por debajo del 5% que permite la norma. Si ingresamos al ábaco de tasa de evaporación con los datos promedio de las pruebas anteriores de la Tabla 67 a la Tabla 70 obtenemos el mismo resultado:

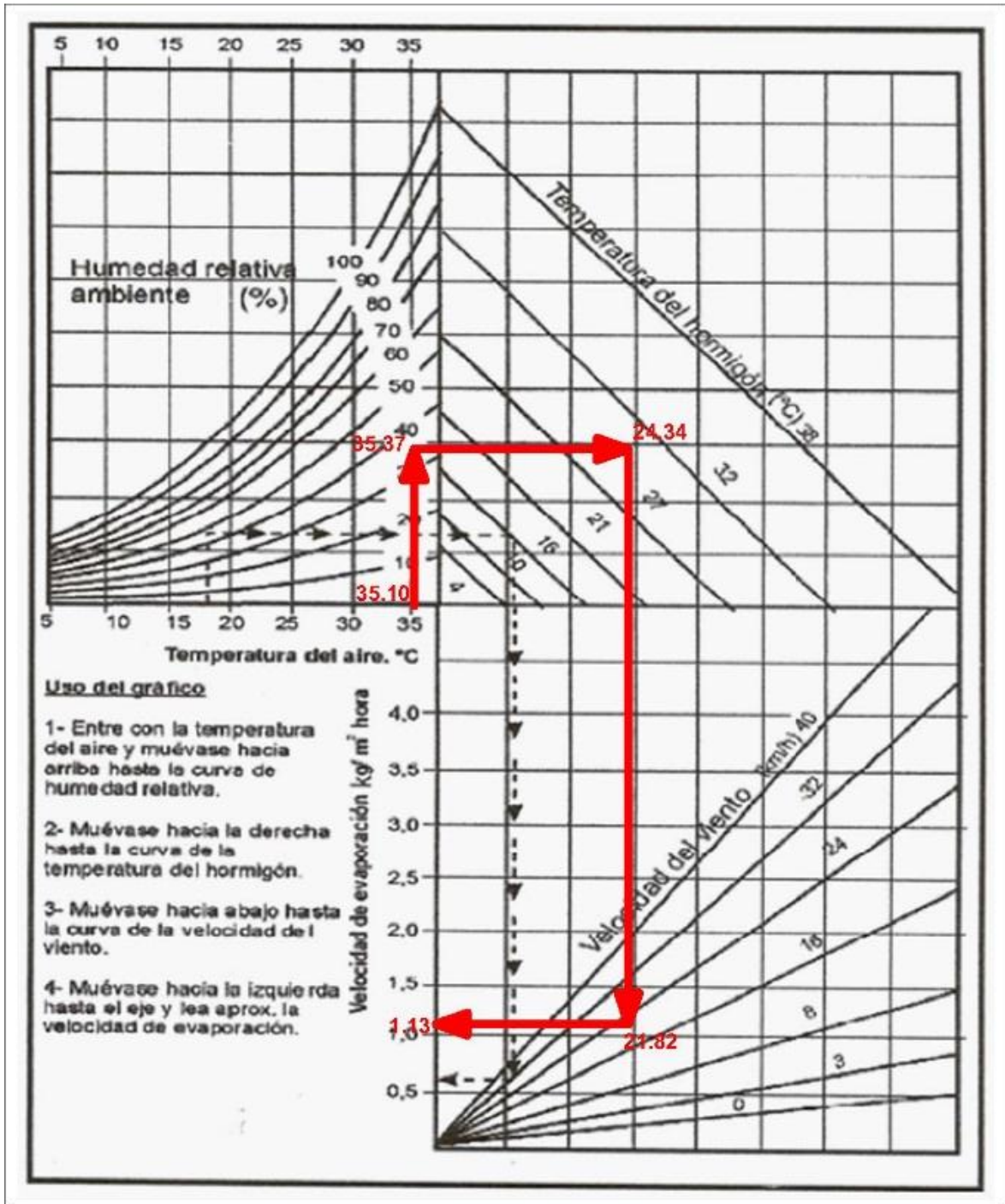



Ilustración 70: Resultado de la tasa de evaporación del hormigón

4.1.4. Resistencia del hormigón


Con la finalidad de asegurar que todas las probetas de ensayo tengan la misma resistencia a compresión, para que esta no afecte a la formación de fisuras en las mismas, se ha ensayado un total de 26 cilindros a compresión, 3 por cada probeta (excepto la de hormigón de control 1, pues, al realizar el ensayo, el volumen de hormigón fabricado no fue suficiente para este fin), como lo indica la normativa de ensayo ASTM C29.

4.1.4.1. Formato para toma de datos

El formato para toma de datos para la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón fue proporcionado por el Laboratorio de Materiales de Construcción de la PUCE y se presenta en la Ilustración 71.



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Laboratorio de Materiales de Construcción
ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
HOJA DE CAMPO:
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN -
Refrentado No Adherido



LMC-MPT-5.4-ARM-1-R3

ORDEN DE TRABAJO N°:							
Probeta N°							
Identificación							
Descripción							
Resistencia de diseño esperada a los 28 días	MPa <input type="checkbox"/>	Kg/cm ² <input type="checkbox"/>					
Dureza del Neopreno utilizado							
Fecha de fabricación (día/mes/año)							
Fecha de ensayo (día/mes/año)							
Desviación de la Superficie de Carga (mm)							
Desviación al eje Transversal de la probeta (mm) (D/d)							
Desviación al eje Longitudinal de la probeta (mm) (L/d)							
Díámetro 1 (mm)							
Díámetro 2 (mm)							
Altura 1 (mm)							
Altura 2 (mm)							
Altura 3 (mm)							
Masa (Kg)							
Hora de ensayo (hh:mm)							
Carga máxima (kN)							
Tipo de falla							

FIRMAS RESPONSABLES DE FISCALIZACIÓN DE ENSAYOS		
FECHA	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA

OBSERVACIONES							

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD							
PREPARA							
ENSAYA							
INFORME							

Ilustración 71: Formato toma de datos resistencia a la compresión de cilindros

4.1.4.2. Datos obtenidos

Los datos de resistencia a la compresión del hormigón fueron obtenidos de forma manual y de forma computarizada, en el segundo caso se obtuvo una gráfica carga vs. deformación de cada cilindro ensayado las cuales se presentan en del Anexo 8 al Anexo 16. Los datos de los ensayos realizados fueron tomados por el autor de la presente investigación, revisados por el tutor de esta y se presentan a continuación:

- **PHC: Hormigón de control**

Probeta N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Identificación	PHC1-1	PHC1-1	PHC2-1	PHC2-2	PHC2-3	PHC3-1	PHC3-2	PHC3-3
Descripción	Hormigón de control 1-1	Hormigón de control 1-2	Hormigón de control 2-1	Hormigón de control 2-2	Hormigón de control 2-3	Hormigón de control 3-1	Hormigón de control 3-2	Hormigón de control 3-3
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa() Kg/cm ² (X)	210	210	210	210	210	210	210	210
Fecha de fabricación (día/mes/año)	25/10/2018	25/10/2018	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018	05/11/2018	05/11/2018	05/11/2018
Fecha de ensayo (día/mes/año)	22/11/2018	22/11/2018	26/11/2018	26/11/2018	26/11/2018	03/12/2018	03/12/2018	03/12/2018
Díametro 1 (mm)	152.00	150.00	150.55	150.85	152.00	149.54	150.56	150.33
Díametro 2 (mm)	151.00	154.00	151.15	150.75	149.75	153.10	149.68	150.35
Altura 1 (mm)	299	299	302	297	299	300	299	298
Altura 2 (mm)	300	300	301	297	298	299	299	299
Altura 3 (mm)	298	299	301	298	299	299	299	298
Masa (Kg)	12.20	12.48	12.32	12.25	12.18	12.51	12.16	12.25
Hora de ensayo (hh:mm)	12:15	12:15	11:45	11:45	11:45	14:15	14:15	14:15
Carga máxima (KN)	477.4	478.2	536.1	475.8	489	468.1	425.7	436.5
Tipo de falla	5	6	5	5	5	6	5	5

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 72: Datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas PHC

- **HMES: Hormigón con malla electrosoldada**

DATOS									
Probeta N°	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Identificación	HMES1-1	HMES1-2	HMES1-3	HMES2-1	HMES2-2	HMES2-3	HMES3-1	HMES3-2	HMES3-3
Descripción	Hormigón con Malla Electro. 1-1	Hormigón con Malla Electro. 1-2	Hormigón con Malla Electro. 1-3	Hormigón con Malla Electro. 2-1	Hormigón con Malla Electro. 2-2	Hormigón con Malla Electro. 2-3	Hormigón con Malla Electro. 3-1	Hormigón con Malla Electro. 3-2	Hormigón con Malla Electro. 3-3
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa() Kg/cm ² (X)	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Fecha de fabricación (día/mes/año)	12/11/2018	12/11/2018	12/11/2018	15/11/2018	15/11/2018	15/11/2018	03/12/2018	03/12/2018	03/12/2018
Fecha de ensayo (día/mes/año)	10/12/2018	10/12/2018	10/12/2018	13/12/2018	13/12/2018	13/12/2018	02/01/2019	02/01/2019	02/01/2019
Díametro 1 (mm)	150.40	149.56	151.08	153.58	153.07	153.93	152.46	153.57	150.21
Díametro 2 (mm)	150.82	154.72	152.4	153.31	153.32	152.49	152.15	152.52	150.12
Altura 1 (mm)	300	301	304	304	302	303	298	304	298
Altura 2 (mm)	299	295	303	303	303	302	299	303	297
Altura 3 (mm)	298	303	303	304	305	303	299	304	298
Masa (Kg)	12.36	12.69	12.69	12.94	12.80	12.69	12.58	12.83	12.22
Hora de ensayo (hh:mm)	09:20	09:20	09:20	11:20	11:20	11:20	09:10	09:10	09:10
Carga máxima (KN)	470.5	507.1	497.1	518.2	569.7	586.7	535	508.2	515.8
Tipo de falla	6	5	6	6	4	5	4	6	5

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 73: Datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas HMES

• **H15F: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero**

DATOS									
Probeta N°	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Identificación	H15F1-1	H15F1-2	H15F1-3	H15F2-1	H15F2-2	H15F2-3	H15F3-1	H15F3-2	H15F3-3
Descripción	Hormigón con Fibra de Acero 1-1	Hormigón con Fibra de Acero 1-2	Hormigón con Fibra de Acero 1-3	Hormigón con Fibra de Acero 2-1	Hormigón con Fibra de Acero 2-2	Hormigón con Fibra de Acero 2-3	Hormigón con Fibra de Acero 3-1	Hormigón con Fibra de Acero 3-2	Hormigón con Fibra de Acero 3-3
Resistencia de diseño esperada a los 28 días MPa() Kg/cm ² (X)	210	210	210	210	210	210	210	210	210
Fecha de fabricación (día/mes/año)	19/11/2018	19/11/2018	19/11/2018	21/11/2018	21/11/2018	21/11/2018	27/11/2018	27/11/2018	27/11/2018
Fecha de ensayo (día/mes/año)	17/12/2018	17/12/2018	17/12/2018	19/12/2018	19/12/2018	19/12/2018	26/12/2018	26/12/2018	26/12/2018
Díametro 1 (mm)	150.75	151.32	150.34	150.24	150.63	152.32	151.31	150.29	151.19
Díametro 2 (mm)	150.22	151.61	150.75	150.28	149.80	152.44	151.36	149.99	153.54
Altura 1 (mm)	297	298	299	298	297	299	300	300	303
Altura 2 (mm)	298	299	297	299	298	300	300	300	302
Altura 3 (mm)	297	298	298	298	298	300	299	300	302
Masa (Kg)	12.33	12.61	12.25	12.35	12.29	12.63	12.67	12.32	12.89
Hora de ensayo (hh:mm)	15:10	15:10	15:10	10:20	10:20	10:20	09:45	09:45	09:45
Carga máxima (KN)	534.9	510.7	465.9	522.2	497.9	528.2	499.6	499.9	509.7
Tipo de falla	4	5	5	5	5	5	5	4	4

Ensayo: Sebastián Constante

Revisa: Ing. Wilson Cando

Tabla 74: Datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas H15F

4.1.4.3. **Resultados obtenidos**

Los resultados de resistencia a la compresión del hormigón fueron obtenidos una hoja de cálculo de Excel. Se presentan a continuación dichos resultados:

• **PHC: Hormigón de control**

CÁLCULOS: HORMIGÓN DE CONTROL (PHC)								
Área del cilindro (mm ²)	18026.65	18145.84	17872.30	17860.46	17878.23	17983.84	17699.74	17751.66
RESISTENCIA OBTENIDA (MPa)	26.5	26.4	30.0	26.6	27.4	26.0	24.1	24.6
RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm ²)	270.05	268.73	305.88	271.65	278.91	265.42	245.25	250.74

RESULTADOS: HORMIGÓN DE CONTROL (PHC)	
RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	269.58
DESVIACIÓN ESTANDAR (Kg/cm ²)	18.41
% VARIACIÓN	6.83%

Tabla 75: Resultados de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas PHC

• **HMES: Hormigón con malla electrosoldada**

CÁLCULOS: HORMIGÓN CON MALLA ELECTROSOLDADA (HMES)									
Área del cilindro (mm ²)	17815.48	18179.28	18083.81	18492.49	18432.28	18435.89	18218.73	18396.20	17710.36
RESISTENCIA OBTENIDA (MPa)	26.4	27.9	27.5	28.0	30.9	31.8	29.4	27.6	29.1
RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm ²)	269.30	284.44	280.31	285.75	315.17	324.51	299.44	281.70	296.99

RESULTADOS: HORM. CON MALLA ELECTR. (HMES)	
RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	293.07
DESVIACIÓN ESTANDAR (Kg/cm ²)	17.74
% VARIACIÓN	6.05%

Tabla 76: Resultados de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas HMES

- **H15F: Hormigón con 15 kg/m³ de fibra de acero**

CÁLCULOS: HORMIGÓN 15 Kg/m ³ DE FIBRAS DE ACERO (H15F)									
Área del cilindro (mm ²)	17785.92	18018.33	17800.10	17732.77	17722.15	18236.68	17987.41	17704.46	18233.09
RESISTENCIA OBTENIDA (MPa)	30.1	28.3	26.2	29.4	28.1	29.0	27.8	28.2	28.0
RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm ²)	306.67	289.02	266.90	300.29	286.49	295.35	283.23	287.93	285.06

RESULTADOS: HORM. 15 Kg/m ³ DE FIBRAS DE AC. (H15F)	
RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	288.99
DESVIACIÓN ESTANDAR (Kg/cm ²)	11.32
% VARIACIÓN	3.92%

Tabla 77: Resultados de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón simple para pruebas H15F

- **Resistencia Final**

RESISTENCIA PROMEDIO FINAL (Kg/cm ²)	
PHC	269.58
HMES	293.07
H15F	288.99
PROMEDIO	283.88
DESV. ESTAND.	10.25
VARIACIÓN	3.61%

Tabla 78: Resultados de resistencia final a la compresión de cilindros de hormigón simple

4.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica para posterior comparación se la ha realizado mediante el análisis de precios unitarios (APU) del costo de construcción de un metro cuadrado, tanto para una losa deck con malla electrosoldada como con fibra de acero. En ambos casos se despreciará el precio del transporte, pues este depende de la localización de cada obra.

4.2.1. Análisis de construcción de losa deck con malla electrosoldada

4.2.1.1. Proceso constructivo

El proceso estará enfocado principalmente a la instalación y construcción de la losa siguiendo aquel establecido por Sencico (s.f.) en su Manual Técnico Para el uso de Placas Colaborantes de Entrepiso (Acero-Deck). Si se requiere información acerca del transporte, almacenamiento e izaje de placas, apuntalamiento, curado del hormigón u otros aspectos que no aparezcan en este documento, consultar el manual. El proceso que se evaluará se detalla de la siguiente manera:

- “La lámina se colocará con los valles de menor dimensión sobre las vigas. a menos que se especificara lo contrario en planos.” (Sencico, s.f., pág. 20)

- “Los cortes se podrán hacer con: esmeril con piedra de corte, cizallas eléctricas o manuales, sistema de corte a base de oxígeno acetileno o cualquier método que no deteriore la geometría de las láminas.” (Sencico, s.f., pág. 20)
- Se fijará las placas a las vigas “mediante elementos de fijación tales como tornillos autoperforantes, clavos de disparo o soldadura de arco (...) teniendo como mínimo un punto de fijación cada tres valles.” (Sencico, s.f., pág. 21)
- Se procede a cortar y colocar la malla la cual estará “2cm por debajo de la superficie superior de la losa como mínimo, apoyadas sobre tacos de concreto, dados prefabricados o algún material estandarizado.” (Sencico, s.f., pág. 25)
- Finalmente se procede al vertido del hormigón sobre la losa, mismo que “se podrá realizar mediante bombas, latas o carretillas.” (Sencico, s.f., pág. 26)

4.2.1.2. *Rubros del análisis de precios unitarios*

Los rubros de este APU al igual que los precios actualizados de materiales y equipos se han definido considerando aquellos (iguales o similares) establecidos por varias entidades vigentes en el Ecuador en la actualidad como el Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha y la Cámara de la Industria de la Construcción y se los puede observar del Anexo 17 al Anexo 21. Los salarios de la mano de obra fueron tomados del salario mínimo sectorial proporcionado por la Contraloría General del Estado Ecuatoriano como se observa en el Anexo 22. Tomando en cuenta el proceso constructivo mencionado en el inciso anterior, se han definido tres rubros para la construcción de un metro cuadrado de losa con placa colaborante con malla electrosoldada, los cuales se detallan a continuación:

- **Placa colaborante Deck 0.76mm**

Debido a que no se dispone de un rubro similar, se ha decidido elaborarlo basado en el rubro “Cubierta Estil Panel 0.30mm” del Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha en su revista Sigma del mes de septiembre del 2018 presentada en el Anexo 17 con ciertas modificaciones en los materiales; la mano de obra se mantiene, al igual que el equipo (la herramienta menor es el 5% de la mano de obra). Este rubro incluye el corte y colocación de las placas, así como su perforación para fijarlas mediante 1 conector de corte soldado por cada metro cuadrado y la colocación del encofrado de las riostras laterales de la losa (rubro auxiliar tomado de la misma revista) como se muestra en la Ilustración 72.

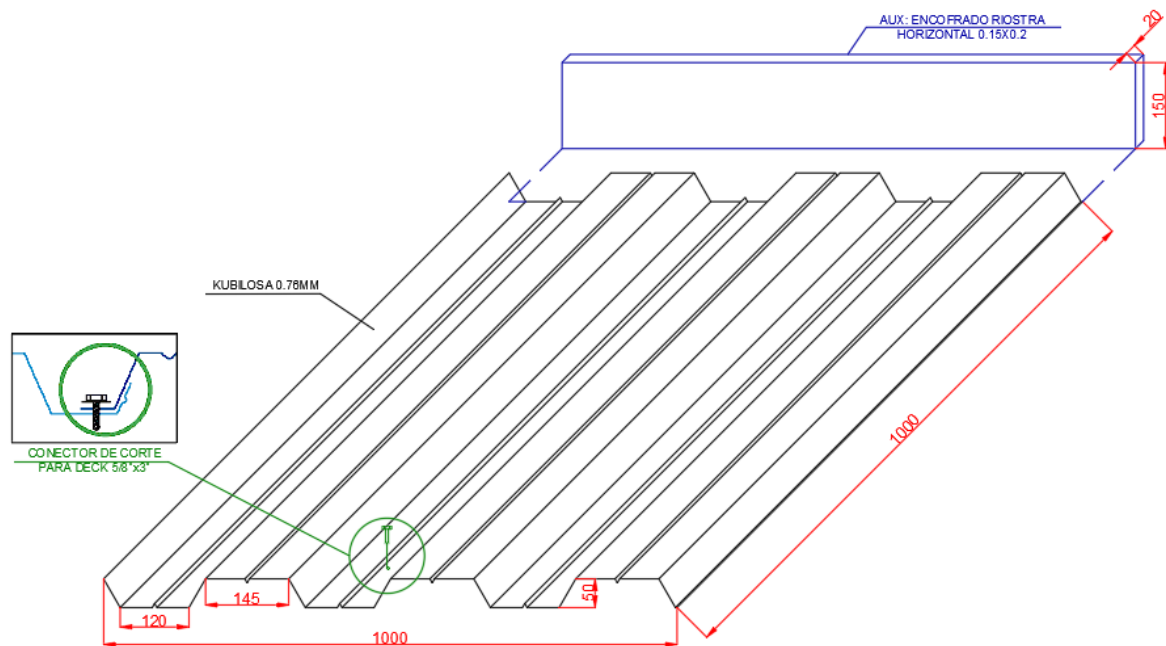


Ilustración 72: Rubro "Placa colaborante deck 0.76mm"

- **Malla Armex R-158 electrosoldada 15x15x5.5mm.**

En la revista Sigma de septiembre del 2018 del Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, se presenta el rubro “Malla Electrosoldada 15x15x3.5” como se observa en el Anexo 18, muy similar a la utilizada en esta investigación, por lo que solo se modificó el costo de la malla. Este rubro incluye la colocación de dados (galleta) de mortero cemento-arena 1:5 de dimensiones 4x10x10cm (rubro auxiliar tomado de la misma revista: Anexo 20), el corte y colocación de la malla electrosoldada sobre estos y su amarre con alambre recocido como se observa en la Ilustración 73.

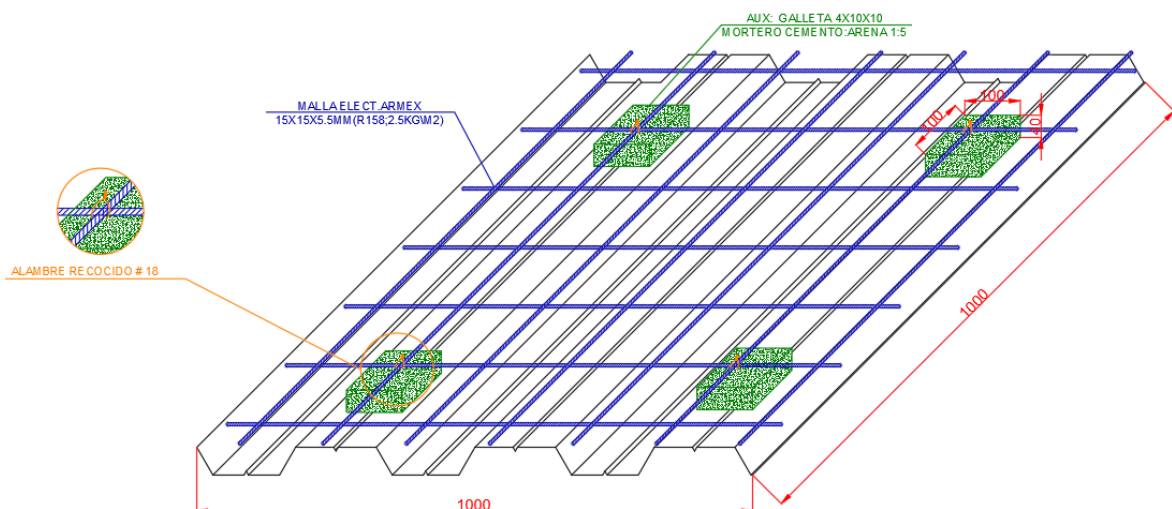


Ilustración 73: Rubro "Malla Armex R-158 electrosoldada 15x15x5.5mm."

- **Hormigón simple en losa deck 7cm**

Para este caso se ha tomado el rubro “Hormigón simple losa superior $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ ” de la revista Sigma del CICP de septiembre del 2018 presentado en el Anexo 20, al mismo que no se le ha realizado ninguna modificación. Este rubro incluye el vertido del hormigón sobre la placa colaborante y su vibrado como se indica en la Ilustración 74.

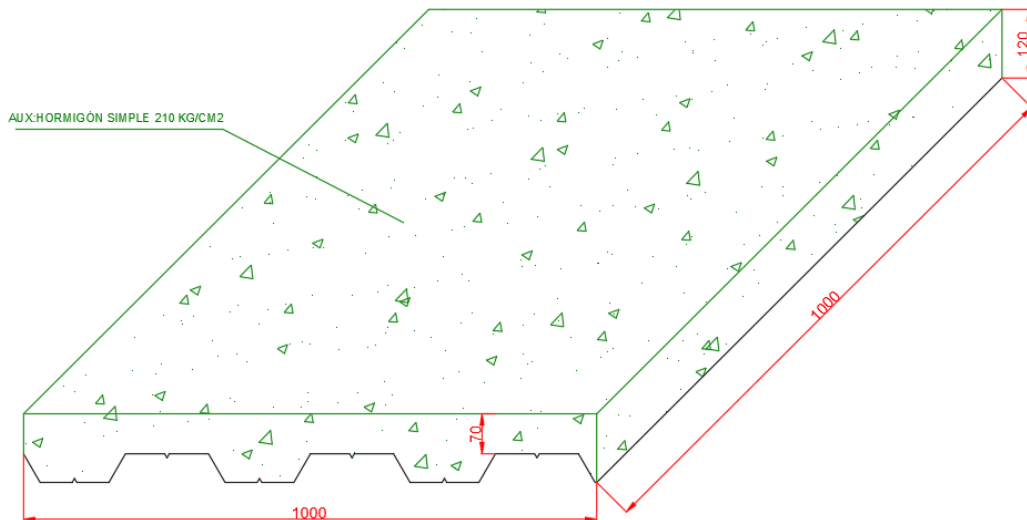


Ilustración 74: Rubro "Hormigón simple en losa deck 7cm"

4.2.1.3. Análisis de precios unitarios (APU)

Se ha efectuado el análisis de precios unitarios, tomando en cuenta los materiales ya descritos, el equipo y la mano de obra detallados en cada rubro de la bibliografía, y despreciando el precio del transporte, se ha considerado un 22% de costo indirecto según lo establecido en la bibliografía. El APU y el presupuesto teórico para un metro cuadrado de hormigón con placa colaborante reforzado con malla electrosoldada en el programa de ingeniería de costos “ARES”. Los reportes obtenidos de presentan a continuación:

- **PRESUPUESTO: Losa deck con malla electrosoldada (Unidad: m²)**

DESCRIPCION	UNI.	CANT.	PRECIO U.	PRECIO T.	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO
CAPITULO GENERAL							
PLACA COLABORANTE DECK 0.76MM	M2	1.00	\$33.61	\$33.61	\$9.36	\$23.74	\$0.51
MALLA ARMEX R-158 ELECT. 15X15X5.3MM.	M2	1.00	\$5.32	\$5.32	\$0.39	\$4.90	\$0.02
HORMIGON SIMPLE EN LOSA DECK 7CM	M2	1.00	\$91.01	\$91.01	\$73.41	\$8.38	\$9.22
				\$129.94	\$83.16	\$37.02	\$9.75
				\$129.94	\$83.16	\$37.02	\$9.75

Tabla 79: Presupuesto "Losa deck con malla electrosoldada"

• RUBRO: Placa colaborante Deck 0.76mm. (Unidad: m2)

EQUIPO					
DESCRIPCION		HORAS-EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL	
AMOLADORA		0.006	\$1.17	\$0.01	
HERRAMIENTA MENOR		1	\$0.38	\$0.38	
SOLDADORA ELECTRICA 300 A		0.01	\$2.23	\$0.02	
TALADRO ELECTRICO		0.01	\$1.10	\$0.01	
SUBTOTAL				A	\$0.42

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CATEGORIA	HORAS-HOMBRE	COSTO X HORA	SUBTOTAL	
ALBAÑIL	D2	0.718	\$3.55	\$2.55	
PEON	E2	1.46	\$3.51	\$5.12	
SUBTOTAL				B	\$7.67

MATERIAL					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	SUBTOTAL	
AUX: ENCOFRADO RIOSTRA HORIZONTAL 0.15X0.2	M3	0.2	\$44.35	\$8.87	
CONECTOR DE CORTE PARA DECK 5/8" x3"	U	1	\$0.55	\$0.55	
ELECTRODOS SUELDA E6011 1/8	KG	0.5	\$4.40	\$2.20	
KUBILOS 0.76MM	M2	1	\$7.84	\$7.84	
SUBTOTAL				C	\$19.46

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANS.	SUBTOTAL	
AMOLADORA	GBL	0.012	\$0.00	\$0.00	
AUX: ENCOFRADO RIOSTRA HORIZONTAL 0.15X0.2	M3	0.2	\$0.00	\$0.00	
CONECTOR DE CORTE PARA DECK 5/8" x3"	U	1	\$0.00	\$0.00	
ELECTRODOS SUELDA E6011 1/8	KG	0.2	\$0.00	\$0.00	
HERRAMIENTA MENOR	GBL	1	\$0.00	\$0.00	
KUBILOS 0.76MM	M2	1	\$0.00	\$0.00	
SOLDADORA ELECTRICA 300 A	GBL	0.01	\$0.00	\$0.00	
TALADRO ELECTRICO	GBL	0.012	\$0.00	\$0.00	
SUBTOTAL				D	\$0.00

COSTO DIRECTO (D) => A + B + C = D	\$27.55
COSTO INDIRECTO (E) => 22.00 %	\$6.06
PRECIO UNITARIO (F) => D + E = F	\$33.61

Tabla 80: Rubro "Placa colaborante Deck 0.76mm."

• RUBRO: Malla Armex R-158 electrosoldada 15x15x5.5mm. (Unidad: m2)

EQUIPO					
DESCRIPCION		HORAS-EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL	
AMOLADORA		0	\$1.17	\$0.00	
HERRAMIENTA MENOR		1	\$0.02	\$0.02	
SUBTOTAL				A	\$0.02

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CATEGORIA	HORAS-HOMBRE	COSTO X HORA	SUBTOTAL	
ALBAÑIL	D2	0.06	\$3.55	\$0.21	
PEON	E2	0.03	\$3.51	\$0.11	
SUBTOTAL				B	\$0.32

MATERIAL					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	SUBTOTAL	
ALAMBRE RECOCIDO # 18	KG	0.25	\$1.48	\$0.37	
AUX: GALLETA 4X10X10 MORTERO CEMENTO:ARENA 1:5	M2	1	\$0.71	\$0.71	
MALLA ELECT.ARMEX 15X15X5.5MM(R158:2.5KG/M2)	M2	1	\$2.94	\$2.94	
SUBTOTAL				C	\$4.02

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANS.	SUBTOTAL	
ALAMBRE RECOCIDO # 18	KG	0.25	\$0.00	\$0.00	
AMOLADORA	GBL	0	\$0.00	\$0.00	
AUX: GALLETA 4X10X10 MORTERO CEMENTO:ARENA 1:5	M2	0.25	\$0.00	\$0.00	
HERRAMIENTA MENOR	GBL	1	\$0.00	\$0.00	
MALLA ELECT.ARMEX 15X15X5.5MM(R158:2.5KG/M2)	M2	1	\$0.00	\$0.00	
SUBTOTAL				D	\$0.00

COSTO DIRECTO (D) => A + B + C = D	\$4.36
COSTO INDIRECTO (E) => 22.00 %	\$0.96
PRECIO UNITARIO (F) => D + E = F	\$5.32

Tabla 81: Rubro "Malla Armex R-158 electrosoldada 15x15x5.5mm"

• **RUBRO: Hormigón simple en losa deck 7cm. (Unidad: m2)**

EQUIPO					
DESCRIPCION		HORAS-EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL	
HERRAMIENTA MENOR		1	\$3.01	\$3.01	
VIBRADOR DE MANGUERA		1	\$4.55	\$4.55	
SUBTOTAL				A	\$7.56

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CATEGORIA	HORAS-HOMBRE	COSTO X HORA	SUBTOTAL	
ALBAÑIL	D2	2	\$3.55	\$7.10	
MAESTRO MAYOR	C1	1	\$3.93	\$3.93	
PEON	E2	14	\$3.51	\$49.14	
SUBTOTAL				B	\$60.17

MATERIAL					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	SUBTOTAL	
AUX: HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2	M3	0.08954	\$76.74	\$6.87	
SUBTOTAL				C	\$6.87

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANS.	SUBTOTAL	
AUX: HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2	M3	0.08954	\$0.00	\$0.00	
HERRAMIENTA MENOR	GBL	1	\$0.00	\$0.00	
VIBRADOR DE MANGUERA	GBL	1	\$0.00	\$0.00	
SUBTOTAL				D	\$0.00

COSTO DIRECTO (D) => A + B + C = D	\$74.60
COSTO INDIRECTO (E) => 22.00 %	\$16.41
PRECIO UNITARIO (F) => D + E = F	\$91.01

Tabla 82: Rubro “Hormigón simple en losa deck 7cm.”

4.2.2. Análisis de construcción de losa deck con fibra de acero

4.2.2.1. Proceso constructivo

El proceso estará enfocado en la misma perspectiva que el del caso anterior y fue tomado de la misma bibliografía. El proceso que se evaluará se detalla de la siguiente manera:

- “La lámina se colocará con los valles de menor dimensión sobre las vigas. a menos que se especificara lo contrario en planos.” (Sencico, s.f., pág. 20)
- “Los cortes se podrán hacer con: esmeril con piedra de corte, cizallas eléctricas o manuales, sistema de corte a base de oxígeno acetileno o cualquier método que no deteriore la geometría de las láminas.” (Sencico, s.f., pág. 20)
- Se fijará las placas a las vigas “mediante elementos de fijación tales como tornillos autoperforantes, clavos de disparo o soldadura de arco (...) teniendo como mínimo un punto de fijación cada tres valles.” (Sencico, s.f., pág. 21)
- Finalmente se procede al vertido del hormigón premezclado con fibras de acero sobre la losa, mismo que “se podrá realizar mediante bombas, latas o carretillas.” (Sencico, s.f., pág. 26)

4.2.2.2. Rubros del análisis de precios unitarios

Los rubros de este APU al igual que los precios actualizados de materiales y equipos se han definido considerando aquellos establecidos por varias entidades vigentes en el Ecuador en la actualidad (iguales o similares) como el Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha y la Cámara de la Industria de la Construcción y se los puede observar del Anexo 17 al Anexo 21. Los salarios de la mano de obra fueron tomados del salario mínimo sectorial proporcionado por la Contraloría General del Estado Ecuatoriano como se observa en el Anexo 22. Tomando en cuenta el proceso constructivo mencionado en el inciso anterior, se han definido dos rubros para la construcción de un metro cuadrado de losa con placa colaborante con fibra de acero, los cuales se detallan a continuación:

- **Placa colaborante Deck 0.76mm**

Este rubro es el mismo que el utilizado para la losa deck con malla electrosoldada.

- **Hormigón 210 con 15 fibra 80/60 en losa deck 7cm**

Para este caso se ha tomado el rubro “Hormigón simple losa superior $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ ” de la revista Sigma del Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha de septiembre del 2018 presentado en el Ilustración 74, al mismo que se le ha agregado la dosis de 15 kg/m^3 de la fibra de acero utilizada para esta investigación. Este rubro incluye el vertido del hormigón sobre la placa colaborante y su vibrado como se indica en la Ilustración 75.

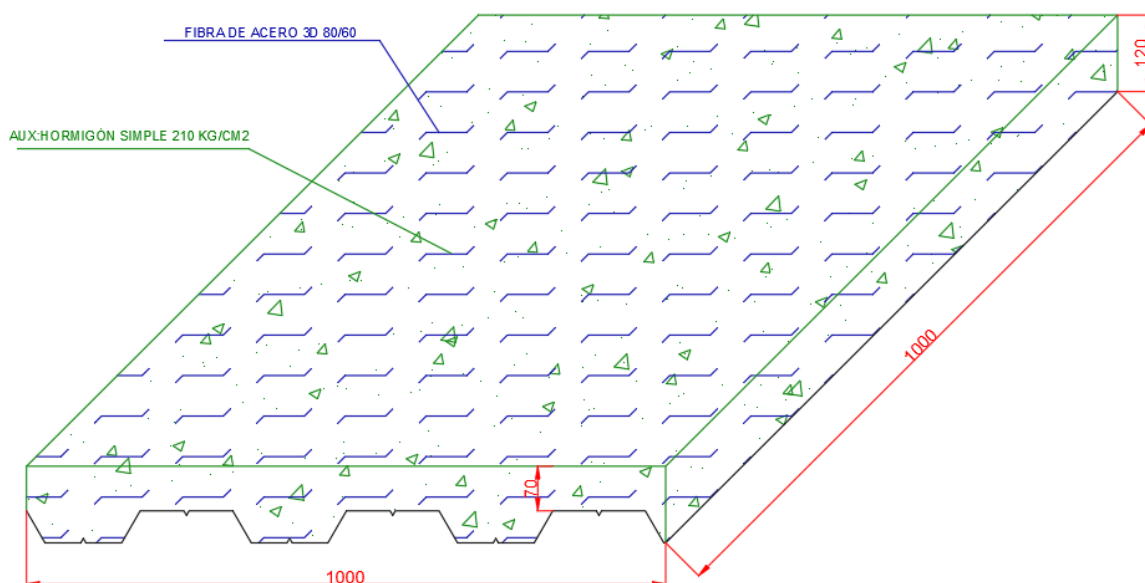


Ilustración 75: Rubro "Hormigón 210 con 15 fibra 80/60 en losa deck 7cm"

4.2.2.3. Análisis de precios unitarios (APU)

Se ha efectuado el análisis de precios unitarios, tomando en cuenta los materiales ya descritos, el equipo y la mano de obra detallados en cada rubro de la bibliografía, y despreciando el precio del transporte, se ha considerado un 22% de costo indirecto según lo establecido en la bibliografía. El APU y el presupuesto teórico para un metro cuadrado de hormigón con placa colaborante reforzado con fibra de acero en el programa de ingeniería de costos “ARES”. Los reportes obtenidos de presentan a continuación:

- PRESUPUESTO: Losa deck con malla electrosoldada (Unidad: m²)**

DESCRIPCION	UNL	CANT.	PRECIO U.	PRECIO T.	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO
CAPITULO GENERAL							
PLACA COLABORANTE DECK 0.76MM	M2	1.00	\$33.61	\$33.61	\$9.36	\$23.74	\$0.51
HORMIGON 210 CON 15 FIBRA 80/60 EN LOSA DECK 7CM	M3	1.00	\$94.45	\$94.45	\$73.41	\$11.82	\$9.22
			\$128.06		\$82.77	\$35.56	\$9.73
			\$128.06		\$82.77	\$35.56	\$9.73

Tabla 83: Presupuesto “Losa deck con fibra de acero”

- RUBRO: Placa colaborante Deck 0.76mm (Unidad: m²)**

Este rubro es el mismo que el utilizado para la losa deck con malla electrosoldada presentado en la Tabla 80.

- RUBRO: Hormigón 210 con 15 fibra 80/60 en losa deck 7cm. (Unidad: m²)**

EQUIPO	DESCRIPCION	HORAS-EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL
	HERRAMIENTA MENOR	1	\$3.01	\$3.01
	VIBRADOR DE MANGUERA	1	\$4.55	\$4.55
				SUBTOTAL A \$7.56

MANO DE OBRA	DESCRIPCION	CATEGORIA	HORAS-HOMBRE	COSTO X HORA	SUBTOTAL
	ALBAÑIL	D2	2	\$3.55	\$7.10
	MAESTRO MAYOR	C1	1	\$3.93	\$3.93
	PEON	E2	14	\$3.51	\$49.14
					SUBTOTAL B \$60.17

MATERIAL	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	SUBTOTAL
	AUX: HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2	M3	0.08954	\$76.74	\$6.87
	FIBRA DE ACERO 3D 80/60	KG	1.3431	\$2.10	\$2.82
					SUBTOTAL C \$9.69

TRANSPORTE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANS.	SUBTOTAL
	AUX: HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2	M3	0.08954	\$0.00	\$0.00
	FIBRA DE ACERO 3D 80/60	KG	1.3431	\$0.00	\$0.00
	HERRAMIENTA MENOR	GBL	1	\$0.00	\$0.00
	VIBRADOR DE MANGUERA	GBL	1	\$0.00	\$0.00
					SUBTOTAL D \$0.00

COSTO DIRECTO (D) => A + B + C = D	\$77.42
COSTO INDIRECTO (E) => 22.00 %	\$17.03
PRECIO UNITARIO (F) => D + E = F	\$94.45

Tabla 84: Rubro “Hormigón 210 con 15 fibra 80/60 en losa deck 7cm.”

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Antes de concluir y conocer si se cumplió o no con la hipótesis y los objetivos de la investigación, se procederá a analizar los resultados, con el fin de generar un claro panorama comparativo de los resultados de forma técnica, económica y constructiva.

5.1.1. *Análisis técnico de resultados*

- Los resultados obtenidos en el ensayo de hormigón de control número 3 (PHC3) fueron descartados, pues los porcentajes de variación que esta presenta van del 15.15% al 20.69%, valores muy elevados con respecto al presentado en la normativa de ensayo ASTM C1579 del 4.6%. La variación en las dos pruebas restantes va del 0.14% al 4.62% lo cual señala que estos son coherentes.
- Como se observa en la Ilustración 40 (pag.59), la granulometría del agregado grueso está ligeramente fuera del límite inferior en la malla de 3/8", y la Ilustración 41(pag.60) revela que la del agregado fino ligeramente fuera del límite inferior de la malla No. 8. No se han corregido estos porcentajes pues esta investigación pretende evaluar lo que ocurre en el medio real del campo profesional, es decir que los agregados llegan con dichos errores a obras de ingeniería.
- Se observa una variación en los resultados de tiempo de fraguado por el método gráfico (curva) y por el método de regresión (lineal). El programa de cálculo Excel no puede determinar los valores de forma gráfica, por lo que se ve obligado a determinar una ecuación, lo cual produce un error en los resultados, por lo tanto, se tomará como verdaderos a los resultados de la ecuación de regresión lineal. El tiempo de fraguado inicial fue de 232 minutos, mayor al de 140 minutos que se esperaría en este cemento (según su ficha técnica: Anexo 2), esto se debe a las condiciones de viento, humedad y temperatura de la cámara ambiental a las cuales fue sometido; el tiempo de fraguado final fue de 298 minutos.

- Al realizar el diseño y reemplazo de la malla electrosoldada por la fibra, se observa que bastaría con 11.18 kg/m^3 , es decir con una dosificación de 12 kg/m^3 de fibra de acero para producir los mismos efectos que la malla, sin embargo, la normativa sugiere que se utilice como mínimo 14.8; cabe recalcar que esta normativa no es local y no ha sido evaluada con los materiales locales, por lo que algunas empresas (entre ellas Ideal Alambrec-Bekaert) han utilizado dosificaciones de 12 kg/m^3 para este fin.
- Como se aprecia en los resultados, el hormigón de la losa deck reforzado con malla electrosoldada redujo su fisuración en un rango del 27.02% (a las 24 horas) al 37.50% (a los 28 días), mientras que aquel que estuvo reforzado con fibras de acero redujo su fisuración en un rango del 56.02% (a las 24 horas) al 58.91% (a los 7 días), mejorando notablemente el desempeño del concreto ante este fenómeno.
- Según la Tabla 2 de este documento se debía esperar alrededor del 0.41mm del ancho de fisura, valor al que casi no se han acercado los resultados. También la normativa establecía un valor mínimo de 0.5 mm, el cual tampoco se ha cumplido. Esto se debe al cambio de las restricciones por la porción de placa steel deck, lo cual se lo ha hecho con el fin de que los valores sean similares a los que podrían producirse en obra.
- Los porcentajes de variación de los parámetros temperatura ambiental, humedad relativa, temperatura del hormigón y velocidad de viento son de 1.83%, 8.68%, 6.41% y 3.92% respectivamente, se aceptan estos porcentajes debido a que todos los datos se mantuvieron dentro de los rangos permitidos.
- La tasa de evaporación promedio es de $1.13 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, cumpliendo el mínimo permitido por la prueba y su porcentaje de variación es del 4.58%, que está por debajo del 5% permitido por la normativa.
- La tasa de evaporación calculada, así como la determinada gráficamente por el ábaco en función de los parámetros ambientales resultaron iguales.
- La resistencia a la compresión promedio de los ensayos resultó 283.88 kg/cm^2 , mayor a la esperada de 210 kg/cm^2 , sin embargo, la variación entre las pruebas fue del 3.61%, valor muy cercano al establecido por la normativa de ensayo ASTM C39 de 2.4% por lo cual para cuestiones prácticas, todas las probetas

tienen la misma resistencia, es decir que le fenómeno de fisuración no se vio afectado por la resistencia a la compresión del hormigón de las probetas.

5.1.2. *Análisis económico de resultados*

- Se han utilizado precios actualizados de los distintos materiales, equipos y mano de obra de construcción y se han usado rubros avalados por las distintas entidades con el fin de que los resultados se acerquen a la realidad. El presupuesto teórico resultante de construcción de losa deck reforzado con malla electrosoldada es de $129.92 \frac{USD}{m^2}$, mientras que aquel que fue reforzado con fibras de acero es de $128.06 \frac{USD}{m^2}$, lo cual representa un ahorro de $1.86 \frac{USD}{m^2}$, es decir del 1.4%, lo cual podría significar un gran ahorro en grandes volúmenes.

5.1.3. *Análisis constructivo de resultados*

- Al comparar el proceso constructivo de ambos casos, se observa que la losa deck reforzada con malla electrosoldada presenta 3 rubros, pues solo la colocación de malla representa un rubro. La losa reforzada con fibra de acero presenta únicamente 2 rubros debido a que la fibra se mezcla directamente en el hormigón como un agregado más.
- La reducción de un rubro representa reducción y por ende ahorro en tiempo de construcción y ahorro de materiales, pues ya no se requiere ni los dados (galleta) de mortero ni el alambre para la fijación de la malla.
- La colocación de la malla de acero implica bodegaje de esta, misma que deberá ser trasladada desde dicha bodega al lugar de trabajo y por ende se requiere de mayor personal, situación que no sucede en el caso de la fibra de acero el cual se comporta como un material más de la mezcla de hormigón.
- La fibra de acero simplifica el proceso de instalación del acero para control de fisuras, hecho que disminuye el riesgo de accidentes en obra por tropezones que podría provocar la malla de acero.
- La resistencia a la tracción mínima de la fibra de acero es de 1000Mpa dos veces mayor a la de la malla electrosoldada de 500Mpa, lo cual permite utilizar menos acero para el mismo propósito, aliviando a la estructura.

5.2. CONCLUSIONES

Una vez obtenidos y analizados todos los resultados de la comparativa técnica, económica y constructiva del sistema convencional de losa steel deck reforzada con malla de acero frente al sistema reforzado con fibra de acero se concluye que:

- La hipótesis de la investigación que afirma que el uso de fibras de acero en el sistema de losas Steel Deck para control de agrietamiento provocado por contracción y temperatura del hormigón tiene un mayor beneficio tanto técnico-económico como constructivo frente al uso de la malla electrosoldada es correcta.
- El reemplazo de la malla electrosoldada del sistema convencional por fibras de acero tiene ventajas constructivas tanto en ahorro de tiempo como de materiales en la construcción, así como en facilidades de bodegaje del material y elimina su dificultad al momento de ser transportado.
- Una dosificación mínima de 12 kg/m^3 de fibras de acero es suficiente para el control de fisuración por retracción plástica del hormigón en el medio local ecuatoriano.
- Ya sea por uno u otro método, es totalmente necesaria la utilización de un sistema de refuerzo para los esfuerzos producidos por la contracción y la dilatación del hormigón debido a la retracción plástica, pues la fisuración es mucho mayor sin ninguno de estos sistemas. Adicionalmente es importante tener buenas condiciones de acabado de la superficie de la losa y de curado esta para evitar la aparición y el crecimiento de dichas fisuras. También se puede disminuir el fenómeno de fisuración siguiendo las recomendaciones de la Tabla 1 de esta investigación, es decir aumentando o disminuyendo ciertos parámetros de diseño.
- El ábaco de Contreras (2004) para la determinación de la tasa de evaporación en función parámetros ambientales es de suma utilidad, pues representa los mismos valores que los de las pruebas de ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACI. (s.f.). *American Concrete Institute*. Obtenido de Slab:
<https://www.concrete.org/topicsinconcrete/topicdetail/slab>
- ACI Comité 209. (2005). *ACI 209.1R-05: Report on Factors Affecting Shrinkage and Creep*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI Comité 224. (1990). *Control del Agrietamiento de Estructuras de Concreto*. México D.F.,: Limusa S.A.
- ACI Comité 244. (2001). *ACI 224R - CONTROL DE LA FISURACIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI Comité 244. (2007). *ACI 224.1R-07 – CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI Comité 318. (2014). *ACI 318S-14: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318RS-14)*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI Concrete Terminology. (2013). *ACI CT-13: ACI Concrete Terminology*. Farmington Hills: American Concrete Institute. Obtenido de <https://www.concrete.org/topicsinconcrete/topicdetail/slab>
- Aire, C. (Diciembre de 2011). Fisuras por contracción. *Construcción y Tecnología en Concreto*, 1(9), 26-29. Recuperado el 10 de agosto de 2018, de <http://www.revistacyt.com.mx/images/portada/2011/pdf/DICIEMBRE.pdf>
- ANSI/SDI. (2017). *SDI/ANSI C-2017: Standard for Composite Steel Floor Deck Slabs*. ANSI/SDI: American National Standards Institute/Steel Deck Institute.
- ASTM. (2013). *ASTM C1579-13 Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert)*. West Conshohcken: ASTM Internations.
- Bekaert. (s.f.). *Ficha Técnica Dramix 3D 65/35 BG*.

- Bryant, A., & Vadhanavikkit, C. (Marzo-Abril de 1987). Creep ShrinkageSize,. *ACI Materials Journal*, 84(2), 119-123.
- Camara de la Industria de la Construcción Ecuatoriana. (2018). Los precios del mercado de la Cámara de la Construcción. *Construcción*.
- Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha. (2018). Rubros. *Sigma Ingeniando*, 51.
- Contraloría General del Estado Ecuatoriano. (2018). *Acuerdo Ministerial NRO 0001 Salarios Mínimos Sectoriales 2018*. Quito: Ministerio del Trabajo.
- Contreras, J. P. (2004). “*Estudio de Fisuración en Losas de Hormigón Armado*”. (Tesis Escuela de Ingenieria Universidad de Chile).
- Córdova, C. (2015). *Diseño de Estructuras de Hormigón Armado*. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- Fernández, M. (2003). *Evaluación No Lineal de los Efectos Estructurales Producidos por las Deformaciones Diferidas del Hormigón y del Acero*. (Tesis Doctoral).
- Gaylord, E., Gaylord, C., & Robinson, J. (1993). *Estructuras de Concreto (Hormigón)*. Juárez: McGraw-Hill Interamericana de México S.A.
- Guía de Diseño CEB, Boletín N°12. (1993). *Durabilidad de Estructuras de Hormigón*.
- Holt, E. (Septiembre de 2000). Where Did These Cracks Come From? *Concrete International*.
- Ideal Alambrec Bekaert. (s.f.). *Catálogo de productos: Reforzamiento de hormigón*.
- Institución Española del Hormigón Estructural. (2008). *Norma EHE-08, Anejo 14: Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras*. Madrid: EHE.
- Laura Calle, R. (s.f.). DOSIFICACION DE HORMIGON, METODO DE LA A.C.I. (Del Comité 211.1). La Paz, San Andrés, Bolivia.
- Marino, P. (2009). *CONTRACCIÓN POR SECADO DEL HORMIGÓN*. Centro de Investigaciones Viales.
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A.

- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- MIDUVI. (2015). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC. *NEC-SE-HM: ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO*. Quito: MIDUVI.
- Nilson, A. (1999). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS*. Bogotá: McGRAW-HILL.
- Orbe, A., Rojí, E., Cuadrado, J., & Losada, R. (2015). Estudio para la optimización de la composición de un HACFRA (hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero) estructural. *Informes de la construcción*, 67(537):e061. doi:hrrp://dx.doi.org/10.3989/ic.13.080
- Pérez, A. (s.f.). *Estado Límite de Servicio de Fisuración*. ((Concurso Para una Plaza de Profesor Titular de Universidad en el Área de Conocimiento Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Politécnica de Madrid).
- Price, W. (Enero de 1982). Control of Cracking During. *Concrete International: Design and Construction*, 4(1), 40-43.
- Revista ARQHYS. (2012). *Concreto armado*. (Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com, Editor) Recuperado el 13 de agosto de 2018, de <https://www.arqhys.com/arquitectura/concreto-armado.html>
- Salgado, S. (2010). *Estudio de losa sin junta de expansión: acceso sur. Tramo Soterrado TS-8*. (Trabajo de grado, Universidad de Santiago de Chile). Recuperado el 9 de agosto de 2018, de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-salgado_sz/pdfAmont/cf-salgado_sz.pdf
- SDI: American National Standards Institute/Steel Deck Institute. (2017). *C-2017 Standard for Composite Steel Floor Deck-Slabs*. ANSI: Approved American National Standard.
- Sencico. (s.f.). *Manual Técnico Para el uso de Placas Colaborantse Para Losas de Entrepiso Acero-Deck*. Lima.
- Sociedad Técnica del Concreto, Reporte N°22. (1992). *“Non-structural Crack in Concrete*.



Troxell, G., Raphael, J., & Davis, R. (1958). Long-Time Creep and Shrinkage Test of Plain and Reinforced. *Proceedings*, 58, 1101-1120.

Verbeck, G. G. (1975). Mechanisms of Corrosion of. *Corrosion of Metals in Concrete*, 21-38.

WRI: Wire Reinforcement Institute. (s.f.). *Manual of Standard Practice: Structural Welded Wire Reinforcement*. Wire Reinforcement Institute, Inc.

Zevallos, P. (s.f.). *FIBRAS DE ACERO DE ALTA RESISTENCIA DRAMIX® SISTEMAS DE ENTREPISO CON PLACA*. Quito: Ideal Alambrec Bekaert.

ANEXOS

Anexo 1: Áreas de sección transversal de malla electrosoldada para refuerzo (ANSI/SDI, 2017)

Wire Size Number* (area of steel x 100) Plain	Nominal Diameter Inches	Nominal Weight Lbs./Lin. Ft.	Area in Sq. In. Per Ft. Of Width For Various Spacing				
			Center-To-Center Spacing				
			3"	4"	6"	12"	18"
W45	.757	1.530	1.80	1.35	.90	.45	.30
W34	.658	1.160	1.36	1.02	.68	.34	.23
W31	.628	1.054	1.24	.93	.62	.31	.21
W25	.564	.850	1.00	.75	.50	.25	.17
W23	.541	.782	.92	.69	.46	.23	.15
W20	.505	.680	.80	.60	.40	.20	.13
W18	.479	.612	.72	.54	.36	.18	.12
W16	.451	.544	.64	.48	.32	.16	.11
W15	.437	.510	.60	.45	.30	.15	.10
W14	.422	.476	.56	.420	.28	.14	.090
W12	.391	.408	.48	.360	.24	.12	.080
W11	.374	.374	.44	.330	.22	.11	.073
W10.5	.366	.357	.42	.315	.21	.105	.070
W10	.357	.340	.40	.300	.20	.10	.068
W9.5	.348	.323	.38	.285	.19	.095	.063
W9	.338	.306	.36	.270	.18	.090	.060
W8.5	.329	.329	.34	.255	.17	.085	.057
W8	.319	.272	.32	.240	.16	.080	.053
W7.5	.309	.309	.30	.225	.15	.075	.050
W7	.299	.238	.28	.210	.14	.070	.047
W6.5	.288	.221	.26	.195	.13	.065	.043
W6	.276	.204	.24	.180	.12	.060	.040
W5.5	.265	.187	.22	.185	.11	.055	.037
W5	.252	.170	.20	.150	.10	.050	.033
W4.5	.239	.153	.18	.135	.09	.045	
W4	.226	.136	.16	.12	.08	.040	
W3.5	.211	.119	.14	.105	.07	.035	
W3	.195	.102	.12	.09	.06	.030	
W2.9	.192	.098	.116	.087	.058	.029	
W2.5	.178	.085	.100	.075	.050	.025	
W2.1	.162	.070	.084	.063	.042	.021	
W2	.160	.068	.080	.060	.040	.020	
W1.5	.138	.051	.060	.045	.030	.015	
W1.4	.134	.049	.056	.042	.028	.014	

FICHA TÉCNICA SELVALEGRE

DENOMINACIÓN

- SELVALEGRE es un Cemento Portland Puzolánico Tipo IP, diseñado para construcciones de hormigón en general.
- Cumple con los requerimientos de la norma NTE INEN 490 (Norma Técnica Ecuatoriana) y ASTM C 595.
- La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad.
- Cuenta con Certificado de Conformidad con el Sello de Calidad INEN.
- Posee Licencia Ambiental.

APLICACIONES

Con este producto se pueden elaborar hormigones para la construcción de:

- Casas y edificios
- Obras viales: puentes, viaductos, obras de arte, etc.
- Obras sanitarias e hidráulicas.
- Obras civiles en la industria petrolera.

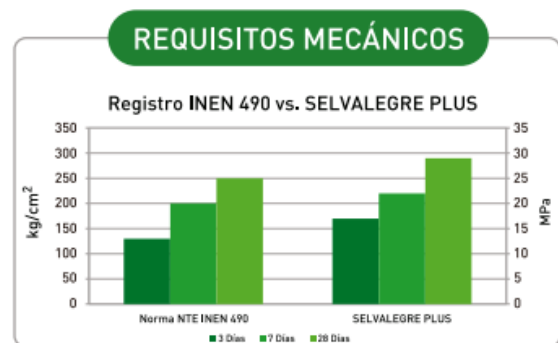
PRECAUCIONES

Almacenamiento

- Adquirir el cemento en distribuidores autorizados.
- Evitar contacto directo con el suelo.
- Evitar contacto con las paredes perimetrales de la bodega.
- En ambientes húmedos asegurar una ventilación adecuada.
- No exceder los 60 días de almacenamiento.

Para aplicación

- Emplear dosificación de hormigón diseñada en un laboratorio calificado.
- Corregir periódicamente las mezclas para mantener constante la relación agua/cemento.
- Inicia el curado lo más pronto posible y evitar desecación.



REQUISITOS QUÍMICOS

PARÁMETRO	INEN 490	SELVALEGRE PLUS
Pérdida por calcinación	≤ 5%	1,4%
Magnesio (MgO)	≤ 6%	2,3%
Sulfatos (SO3)	≤ 4%	2,4%

REQUISITOS FÍSICOS

PARÁMETRO	INEN 490	SELVALEGRE PLUS
Fraguado inicial	≥ 45 ≤ 420 min	140 min
Expansión	≤ 0,8%	0,04%
Contenido del aire	≤ 12%	4,50%

USO

Para construcciones en general.

CARACTERÍSTICAS

Resistencias

- Permite alcanzar las resistencias a la compresión requeridas a todas las edades.
- En condiciones normales se pueden obtener resistencias a la compresión entre 35 y 50 MPa.
- Posee un progresivo crecimiento de las resistencias aun después de los 28 días de edad, puede alcanzar hasta un 20% más a los 90 días.

Calor de hidratación

Desprende menos calor de hidratación que los cementos puros, permitiendo manejar grandes masas de hormigón.

Presentación

Sacos de 50kg.

Disponible también en Empaque Anti-humedad para las zonas húmedas.



La Iniciativa Certificación Punto Verde por Empresa Eco-Eficiente se entregó a UNACEM Ecuador S.A, ubicada en Otavalo, Km 7 1/2 vía a Selva Alegre, por haber obtenido 4 casos exitosos de producción más limpia en menos de dos años.



Oficina principal
Teléf.: (5932) 245 9712 / 140
Fax: (5932) 225 6091
Av. Amazonas y NN.UU.
Edificio La Previsora, 4to. piso, Of. 402.
Quito - Ecuador

Servicio al cliente
1800 UNACEM (862 236)
www.unacem.com.ec



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Anexo 3: Constancia de entrega-recepción de material de la empresa "Kubiec-Conduit"

CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC S.A <small>MÁS QUE UN BUEN ACERO</small>		KU-BIEC S.A <small>Matriz: Km 10, Guano, Guayaquil, Guayas. Paralela Sur, Frente a La Fábrica Emelca (Edificio Conduit Del Ecuador) - Teléfono: (02) 289131 / 289132</small> <small>Suc. Quito: De las Higueras N° 30 y de las Avellanas P.B.O. 340-440 - Tlx. 340-420 - Suc. Persepolis: Av. Heliostrada Dos Alas s/n. (Calle de las Pomas) - Tlx. 350-350-002</small> <small>Suc. Sur: Panamericana Sur s/n Km. 10, Guano Frente a La Fábrica Emelca (Edificio Conduit Del Ecuador) - Teléfono: (02) 289131 / 289132</small> <small>Suc. Guayaquil: Vía Panamericana y Av. Manuel Lasso, de Blvd. 20 12 - P.B.O. 101 - Tlx. 100-289-3001 - Suc. Cuzco: Vía de las Naciones - Barrio Santa Rita, Cuzco - Teléfono: (02) 289131 / 289132</small> <small>Suc. Cuenca: Av. Enrique Arce y Av. Rodríguez s/n, Adshipita de Jaquín - Tlx. 071 403381 - Suc. Loja: El Valle Cuenca # 1984 - Av. Azuay y Chone - Tlx. 071 2811865/6</small> <small>Suc. Santo Domingo: Carretera Vía a Quito s/n, Km. 6.110 - de entrada Puerto Lindo - Tlx. 022 2746244 / 2746245 - Suc. Píscos: Píscos - La Torre - Tlx. 062 2523266 - 266</small> <small>Suc. Ambato: Calle García Moreno y J. J. Zabalaide (ac) Sector Hualay Chico - Tlx. 033 289131 / 289132 - Suc. Machala: Av. Francisco y Aguirre Calle Bolivia - Tlx. 084481 1021</small>		OT NOTA DE ENTREGA www.kubiec.com <small>Email: kubiec@kubiec.com</small>			
Cliente: CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC S.A. R.U.C./C.I.: 1791299035001		Fecha de Inicio del Traslado: 16/10/2018 Fecha de Término del Traslado: 16/10/2018 Teléfono / Fax: 2334020 Punto de Partida: QUITO NORI # Declaración Aduanera: Pedido No.: OVK-235905 Vendedor: COBRANZAS Fecha de Emisión: 16/10/2018					
Nombre de la obra: LAS HIGUERAS LOTE 30 Y LAS AVELLANAS Motivo del Traslado: Venta Tipo: Factura N°: 008002000013378		GR 008002000010220					
DESCRIPCION	COLOR	No. PANELES	LONGITUD (mm)	UNIDAD	CANTIDAD	PESO UNITARIO	PESO TOTAL
KUBILOSA 0,76X1220X1000		3	1750	m2	5,25	7,26	38,22
NOTA: De producirse faltante del producto, determinar específicamente el faltante dentro de este mismo documento; caso contrario se entenderá recibido a satisfacción.							PESO TOTAL (kg): 38,22
Remitido por: Angel Saca Nombre: _____ C.I.: 1717273252 Firma: _____		Transportado por: CUENTE RETIRA MATERIAL Nombre y Dirección del Conductor: _____ Telfs.: 0 Placas: SP C.I. O.R.U.C.: 999993999 Firma: _____					
Recibido por: Sebastian Constante Nombres Completos: _____ C.I.: 1804604066 Observaciones para el transportista: _____		Firma y Sello Cliente: _____					
1800-techos		www.kubiec.com		ventas@kubiec.com		kubiec@kubiec.com	

CUBIERTAS DEL ECUADOR RUC: 1791299035001 Dirección: Av. Huayanay Ñan Oe1-476, Quito		Orden de venta: OVK-235905 Fecha Emisión: 16/10/2018 IR: 16/10/2018 09:51:45		Página 1
ORDEN DE VENTA F-720-02-02 Empresa de Calidad ISO 9001:2015				
Teléfono: 022480420 UIO / 042150300 GYE Fax: 022480422				

Cliente: CL-0006937 CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC RUC/CI: 1791299035001 Nombre Constructor: Nombre de la Obra: Instalación: No	Dirección: AV. HUAYANAY ÑAN OE1-476 Y PANAMERICANA SUR Dir. Entrega: LAS HIGUERAS LOTE 30 Y LAS AVELLANAS, QUITO, PICHINCHA, ECUADOR Observaciones: Plazo de Entrega: días	Teléfono: 2334020 Fax: Forma de pago: CONTADO c Fecha de entrega: 16/10/2018 Plazo de Instalación: días
---	---	---

Artículo	Aplicación	Color	Flashings	Panel	Long.	P. Neto	Cantidad	Un.	Prec.U.	Dcto.	Total
KUBILOSA 0,76X1220X1000				3	1750	38,22	5,25	m2	7,00	0,00	36,75

Notas: BEDON MARTINEZ VERONICA ANA Vendedor	CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC S.A. Cliente	Peso (kg): 38,22 Subtotal: 36,75 Dcto: 0,00 Flete: 0,00 IVA: 4,41 Valor total: 41,16 Dcto.Sol.2%: 0,00 Valor a pagar: 41,16
--	---	--

Pruebas laboratorio PUCE.
 Mónica 16/10/18.

Anexo 4: Ficha técnica Kubilosa (KUBIEC)



KUBIEC-CONDUIT
...más que un buen acero

Kubilosa

Placa colaborante sismorresistente para losas, única con sistema de fijación que permite una instalación más rápida con menos riesgo de filtraciones. Este sistema de fijación es aprobado por el SDI (Steel Deck Institute). Elimina el uso de encofrados. Instalación fácil y rápida. Reduce el consumo de hormigón y hierro.

Usos:

- Galpones industriales.
- Conseccionarios automotrices.
- Vivienda.
- Bodegas.
- Centros comerciales.
- Terminales aéreas.
- Terminales terrestres.
- Centros educativos.
- Garajes.
- Iglesias.

Beneficios:

- Elimina el uso de encofrados y apuntalamientos.
- Instalación ultra rápida.
- Reduce consumo de hormigón y hierro.
- Sustituye el acero de refuerzo positivo.
- Gran ahorro de mano de obra.
- Fabricación a medida.
- Sismo resistente.

Placa colaborante para losas con diseño moderno y fácil de instalar



Único con sistema de fijación más fácil y seguro aprobado por el SDI Steel Deck Institute.

OBRA: Supermercado FAE - Quito





KUBIEC-CONDUIT
...más que un buen acero

Características técnicas:

PROPIEDADES DEL PANEL					
ESPESOR	PESO	Is (+)	Is (-)	Sc (+)	Sc (-)
(mm)	(Kg/m ²)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)
0.65	6.37	29.30	28.86	9.61	14.54
0.70	6.85	32.29	31.83	10.72	15.71
0.76	7.44	35.97	35.47	12.10	17.13

VOLUMEN HORMIGÓN m ³	
*ESPESOR DE LOSA (cm)	HORMIGÓN (m ³ /m ²)
5	0.06950
6	0.07954
7	0.08954
8	0.09954
10	0.11954
12	0.13954

Tabla de ayuda para diseño Kubilosa

CARGA VIVA SOBREIMPUESTA (Kg/m ²)											
ESPESOR KUBILOSA	*ESPESOR LOSA	SEPARACION ENTRE APOYOS (m)									
		1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4
0.65	5	1940	1487	1164	924	742	600	488	397	323	261
	6	2252	1734	1364	1089	881	719	590	486	401	331
	7	2252	1981	1564	1255	1020	837	692	575	479	400
	8	2252	2238	1764	1420	1159	955	794	664	557	469
	10	2252	2252	2164	1751	1437	1152	998	842	714	608
0.70	5	2252	1612	1265	1008	812	660	530	442	362	296
	6	2252	1879	1481	1186	962	788	650	538	447	371
	7	2252	2145	1687	1365	1112	916	760	634	531	446
	8	2252	2252	1912	1543	1262	1043	870	730	615	521
	10	2252	2252	2252	1999	1562	1299	1090	922	784	670
0.76	5	2252	1760	1384	1107	895	731	601	495	409	338
	6	2252	2050	1619	1301	1059	870	720	600	501	419
	7	2252	2252	1854	1496	1222	1009	840	704	593	500
	8	2252	2252	2089	1689	1385	1148	960	809	685	582
	10	2252	2252	2252	2078	1711	1426	1200	1016	868	744

MAXIMA LUZ SIN APUNTALAMIENTO SEGUN CONDICIONES DE APOYO					
ESPESOR KUBILOSA	ESPESOR LOSA	1	2	3	4
0.65	5	1.80	2.00	2.20	2.40
	6	1.80	2.00	2.20	2.40
	7	1.80	2.00	2.20	2.40
	8	1.80	2.00	2.20	2.40
0.70	5	1.80	2.00	2.20	2.40
	6	1.80	2.00	2.20	2.40
	7	1.80	2.00	2.20	2.40
	8	1.80	2.00	2.20	2.40
0.76	5	1.80	2.00	2.20	2.40
	6	1.80	2.00	2.20	2.40
	7	1.80	2.00	2.20	2.40
	8	1.80	2.00	2.20	2.40

* Medición del hormigón desde la parte superior de la cresta.



ANCHO UTIL 1000 (mm)

MALLA ELECTROSOLDADA mínimo 2.5 cm del borde superior de la losa

145 mm, 130 mm, ±0 (mm)

CARGA SOBREIMPUESTA

CARGA VIVA, MUROS DIVISORIOS, ACABADOS, CIELOS RASOS, OTROS

1800 aceros 223767 www.kubiec.com · kubiec@kubiec.com

02-2690061 CONTACT CENTER

1800 aceros 223767 www.kubiec.com · kubiec@kubiec.com

02-2690061 CONTACT CENTER



UN TECHO PARA MI PAIS



Reforzamiento de hormigón

Armex® tradicional

Son armaduras electro soldadas planas para reforzamiento de hormigón. Fabricadas con aceros de alta resistencia, lisos y corrugados, ortogonalmente dispuestos. Listas para ser usadas; facilitando el proceso constructivo, optimizando los diseños estructurales y recursos de obra. Cumplen normas técnicas: NTE INEN 2209, ASTM A-185, ASTM A-497, CEC-CPE INEN-5, ACI318S-08.

Ventajas

- Mayor rapidez en la ejecución.
Armex® son armaduras listas para colocar en obra.
- Mayor eficiencia, pues eliminan tareas de enderezado, corte, doblado y amarre de barras.
- Máxima adherencia, debido a su corrugación y electrosuelda.
- Mayor resistencia. Su límite de fluencia mínima es de $f_y \text{ mín.} = 5000 \text{ kgf/cm}^2$
- Menor consumo de acero. Puede obtener ahorros del 16% frente al acero convencional.
- Máxima calidad en obra. La soldadura en todas las intersecciones asegura el exacto posicionamiento de las varillas y mejora las longitudes de empalme, minimizando la supervisión técnica.



Usos frecuentes

Reforzamiento de hormigón y control de fisuramiento. Cimentaciones, pisos o pavimentos rígidos, losas, losetas y cascarones de cubierta, losas colaborantes metálicas, paredes portantes de hormigón armado, estructuras de contención, revestimiento de taludes, reforzamiento de túneles, canales revestidos de hormigón armado, muros, cisternas, piscinas, colectores de alcantarillado.

Mallas Armex® Tipo R con apertura cuadrada

Código	Tipo de malla	Diámetro (mm)		Separación (cm)		Sección de aceros (mm ² /m)		Peso	
		Alambre L.	Alambre T.	Alambre L.	Alambre T.	As L	As T	kg / m ²	kg / plancha
188156	R-126	4,0	4,0	10	10	126	126	1,97	29,48
188164	R-196	5,0	5,0	10	10	196	196	3,07	46,06
188166	R-238	5,5	5,5	10	10	238	238	3,72	55,73
188168	R-283	6,0	6,0	10	10	283	283	4,42	66,32
188172	R-385	7,0	7,0	10	10	385	385	6,02	90,27
188176	R-636	9,0	9,0	10	10	636	636	9,95	149,22
188150	R-64	3,5	3,5	15	15	64	64	1,01	15,17
188152	R-84	4,0	4,0	15	15	84	84	1,32	19,81
188154	R-106	4,5	4,5	15	15	106	106	1,67	25,07
188158	R-131	5,0	5,0	15	15	131	131	2,06	30,95
188160	R-158	5,5	5,5	15	15	158	158	2,50	37,45
188161	R-188	6,0	6,0	15	15	188	188	2,97	44,57
188167	R-257	7,0	7,0	15	15	257	257	4,04	60,66
188170	R-335	8,0	8,0	15	15	335	335	5,28	79,23
188173	R-424	9,0	9,0	15	15	424	424	6,69	100,28
188175	R-524	10	10	15	15	524	524	8,25	123,80
188148	R-53	4,5	4,5	30	30	53	53	0,84	12,53

AsL: Área de acero (mm²/m) de los alambres longitudinales.
AsT: Área de acero (mm²/m) de los alambres transversales.

Dimensiones estándar: 6,25 x 2,40 m = 15m²
Medidas y especificaciones especiales bajo pedido

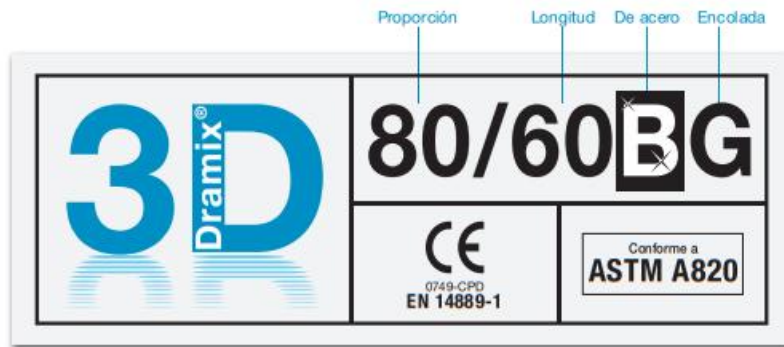
Anexo 7: Ficha técnica fibra Dramix 3D 80/60BG (Ideal Alambrec)

Dramix®

 **BEKAERT**

better together

Ficha Técnica



DRAMIX® 3D



Dramix® 3D es la referencia en refuerzos con fibra de acero. Gracias a su combinación de rendimiento, durabilidad y fácil manejo, 3D es una solución eficiente para un gran número de utilidades y le permite ahorrar tiempo y dinero.

- > anclaje original
- > resistencia a la tracción

Dramix® 3D es una solución rentable para

- > pavimento
- > túneles
- > prefabricados
- > viviendas

Bekaert le ofrece todo el apoyo que necesita para su proyecto. Le ayudamos a elegir el tipo de fibra que más le conviene, la dosificación necesaria y el tipo de hormigón correcto.

Póngase en contacto con su asesor local.

Visite www.bekaert.com/dosingdramix para conocer nuestras recomendaciones sobre manipulación, dosificación y mezcla.


Reservado el derecho a modificaciones. Todos los datos describen nuestros productos con carácter meramente general. Para una información más detallada, solicite las especificaciones técnicas de los productos.


RENDIMIENTO


Propiedades del material


Resistencia a la tracción:
 $R_{m, nom}$: 1.225 N/mm²
 Tolerancias: ± 7,5% promedio
Módulo de Young: ± 210.000 N/mm²

Geometría

Gama de fibras 3D 

Longitud (l) 60 mm 

Diámetro (d) 0,75 mm 


Proporción (l/d) 80 

Red de fibra

2,9 km por m³ (para 10 kg/m³)
 4,584 Fibras/kg
Dosificación mínima:
 10 kg por m³ (según la CE)

Gama Dramix®

5D 4D 3D

Resistencia a la tracción	
Ductilidad del alambre	
Fuerza de anclaje	

CERTIFICACIONES DEL PRODUCTO

CE 0749-CPD EN 14889-1

Conforme a **ASTM A820**

Dramix® dispone del certificado para uso estructural conforme a la EN 14889-1 (sistema '1'). Si lo desea, puede solicitar información más detallada.

CERTIFICACIÓN DE SISTEMAS



Todas las plantas industriales Dramix® cuentan con la certificación ISO 9001 e ISO 14001.

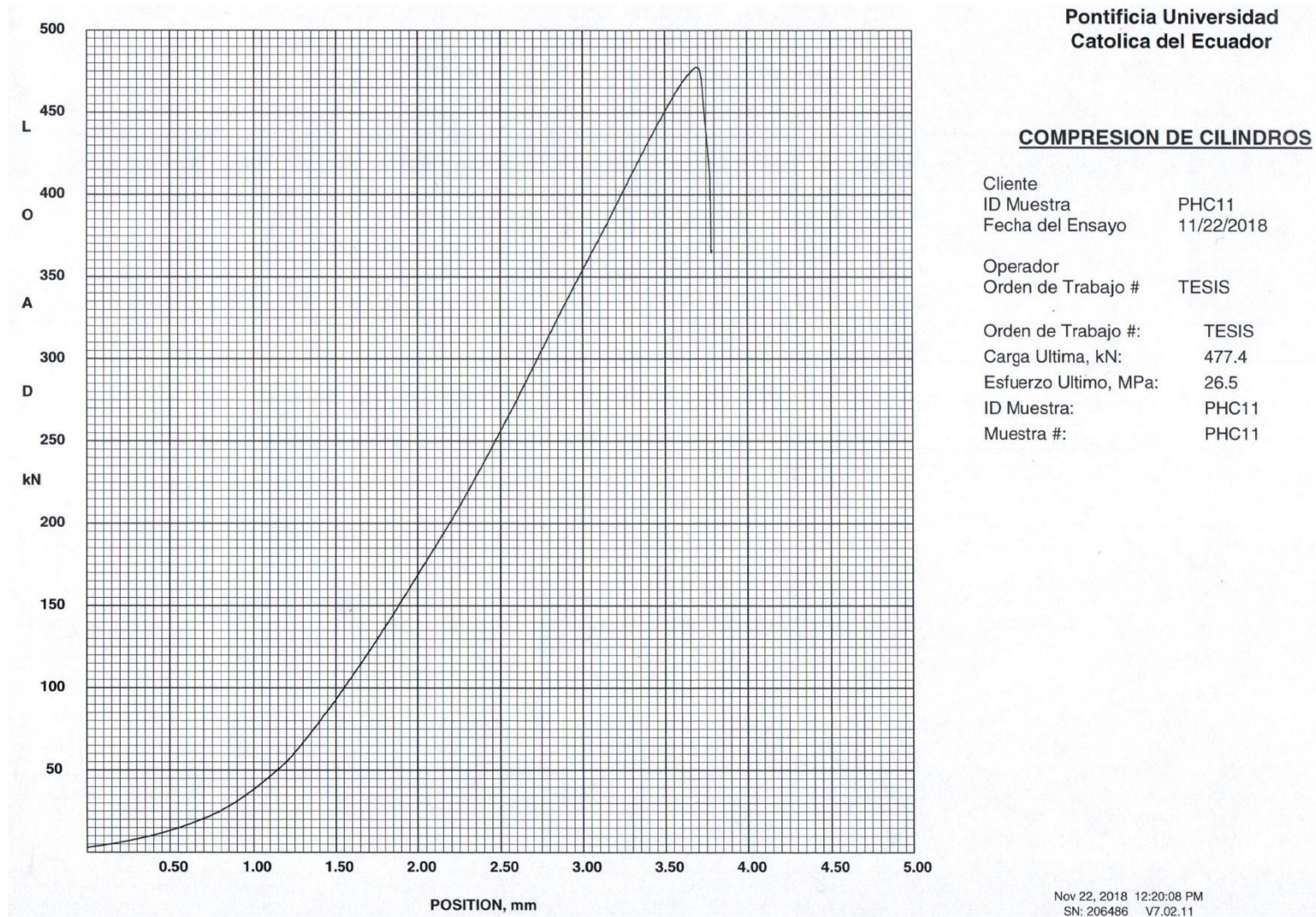
EMBALAJE

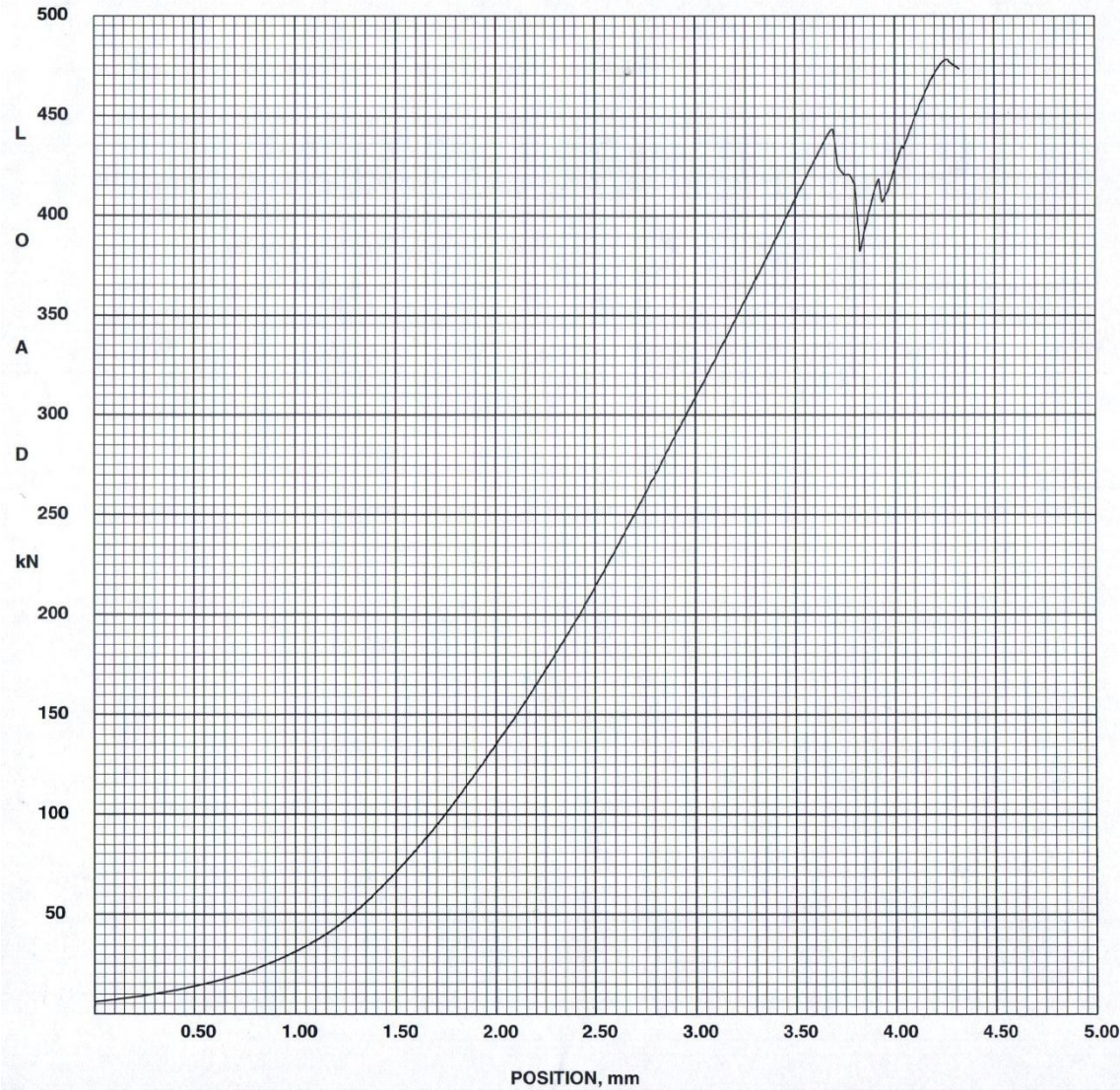


ALMACENAJE



Anexo 8: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta PHC1 (Gráfica Carga vs. Deformación)





Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

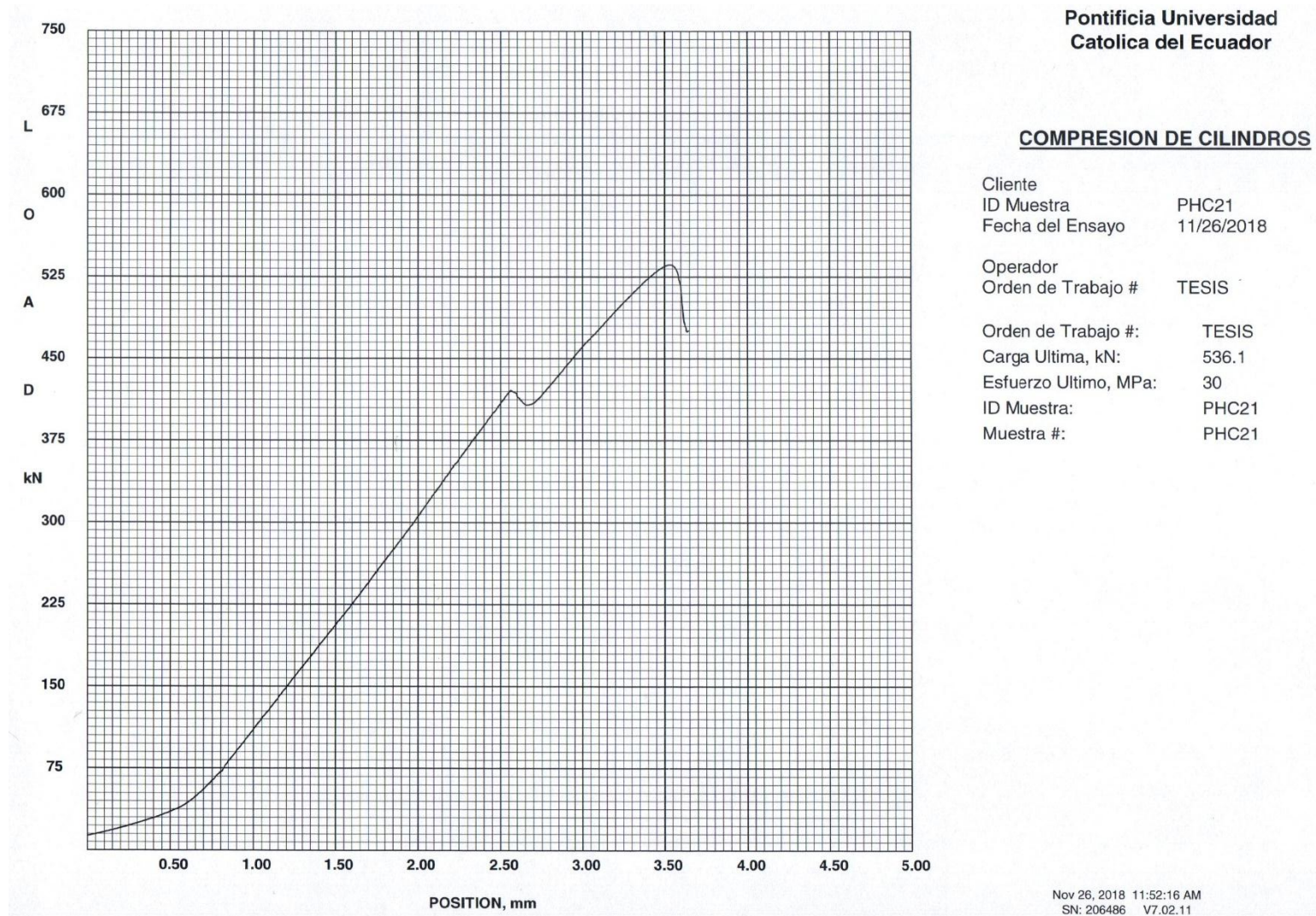
Cliente
ID Muestra PHC12
Fecha del Ensayo 11/22/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 478.2
Esfuerzo Ultimo, MPa: 26.4
ID Muestra: PHC12
Muestra #: PHC12

Nov 22, 2018 12:20:06 PM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 9: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta PHC2 (Gráfica Carga vs. Deformación)



Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	PHC21
Fecha del Ensayo	11/26/2018
Operador	
Orden de Trabajo #	TESIS
Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	536.1
Esfuerzo Ultimo, MPa:	30
ID Muestra:	PHC21
Muestra #:	PHC21

Nov 26, 2018 11:52:16 AM
SN: 206486 V7.02.11

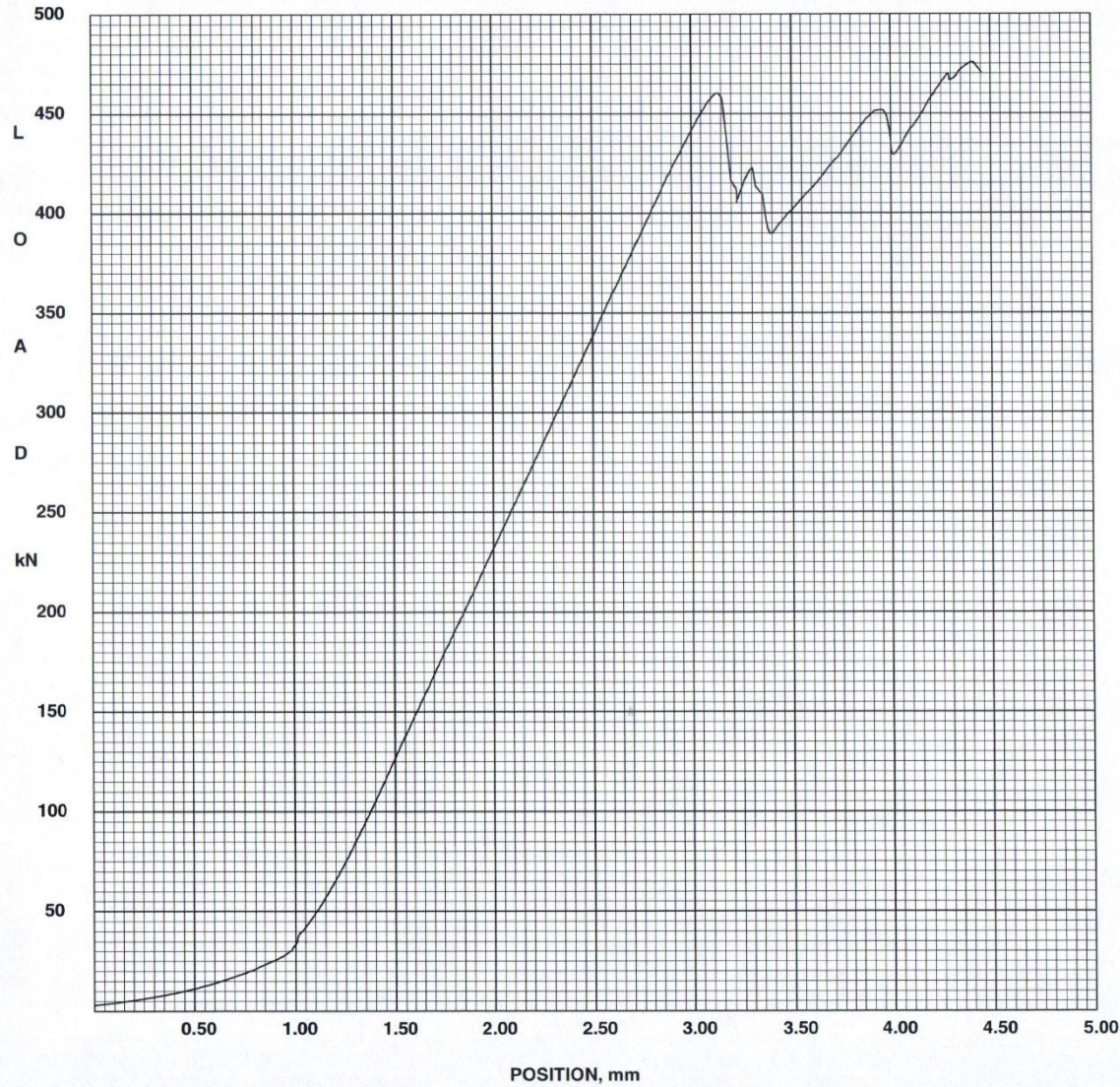
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra PHC22
Fecha del Ensayo 11/26/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 475.8
Esfuerzo Ultimo, MPa: 26.6
ID Muestra: PHC22
Muestra #: PHC22



Nov 26, 2018 11:52:13 AM
SN: 206486 V7.02.11

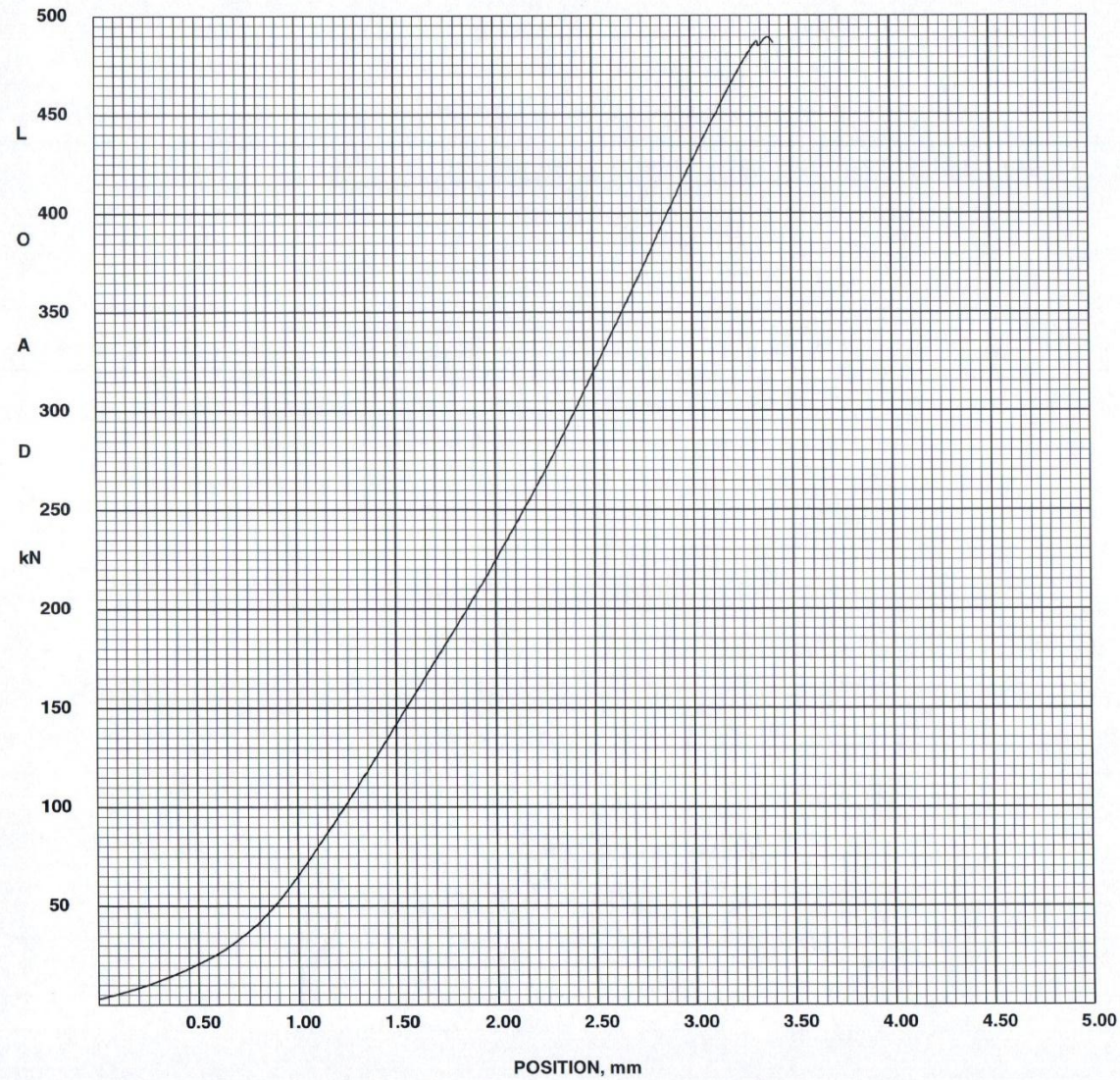
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra PHC23
Fecha del Ensayo 11/26/2018

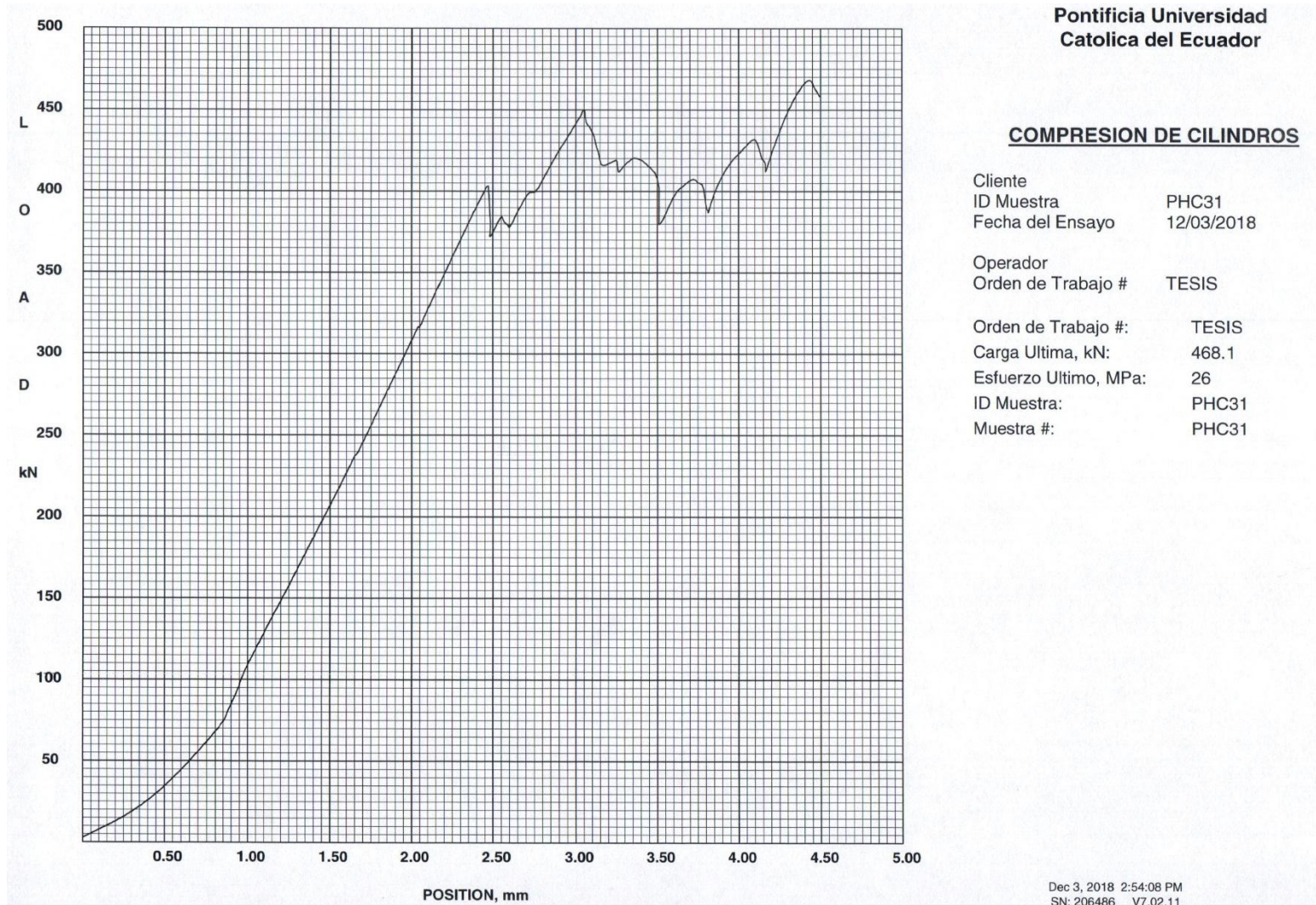
Operador
Orden de Trabajo # TESIS

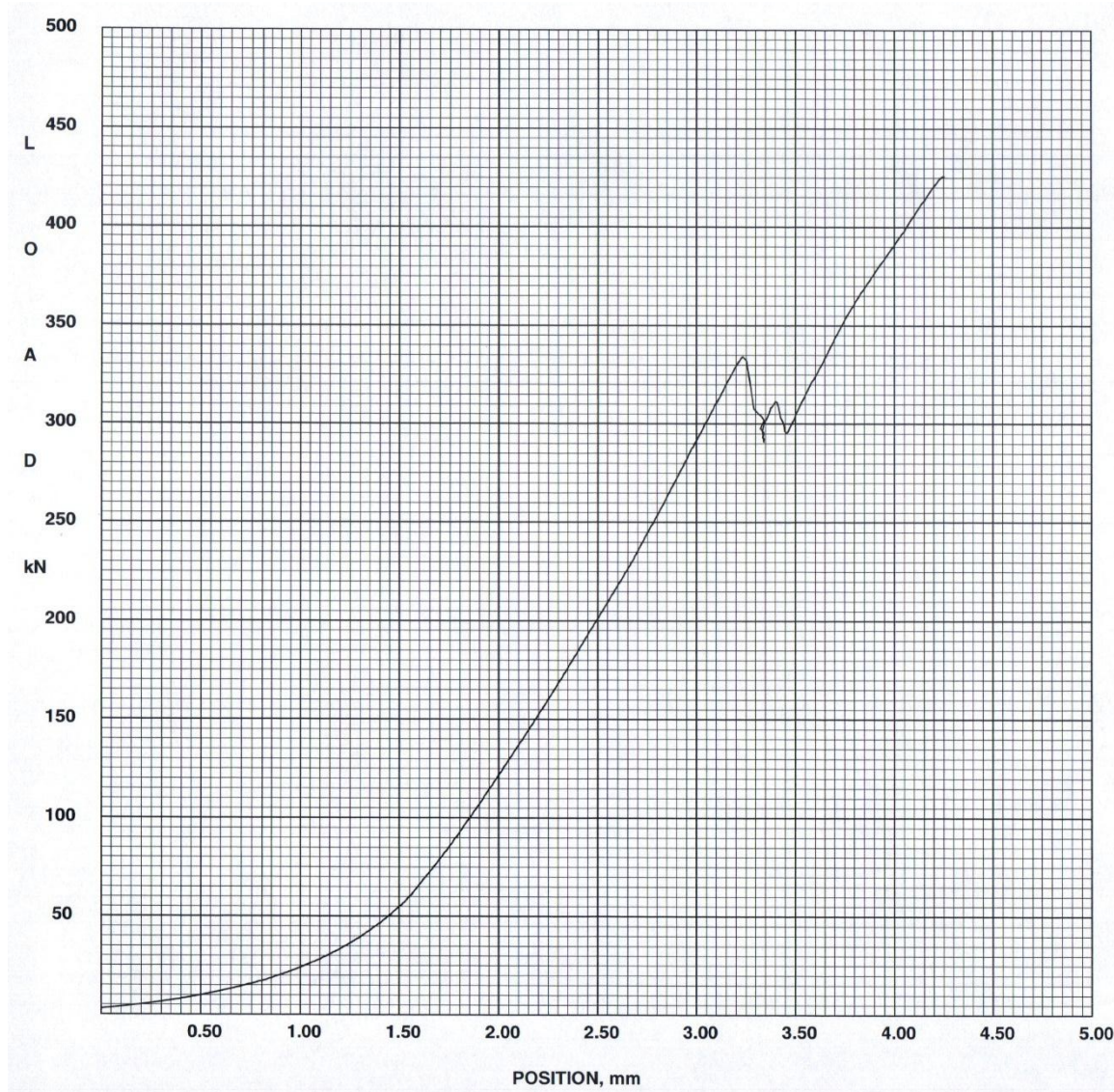
Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 489
Esfuerzo Ultimo, MPa: 27.4
ID Muestra: PHC23
Muestra #: PHC23



Nov 26, 2018 11:52:12 AM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 10: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta PHC3 (Gráfica Carga vs. Deformación)





Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

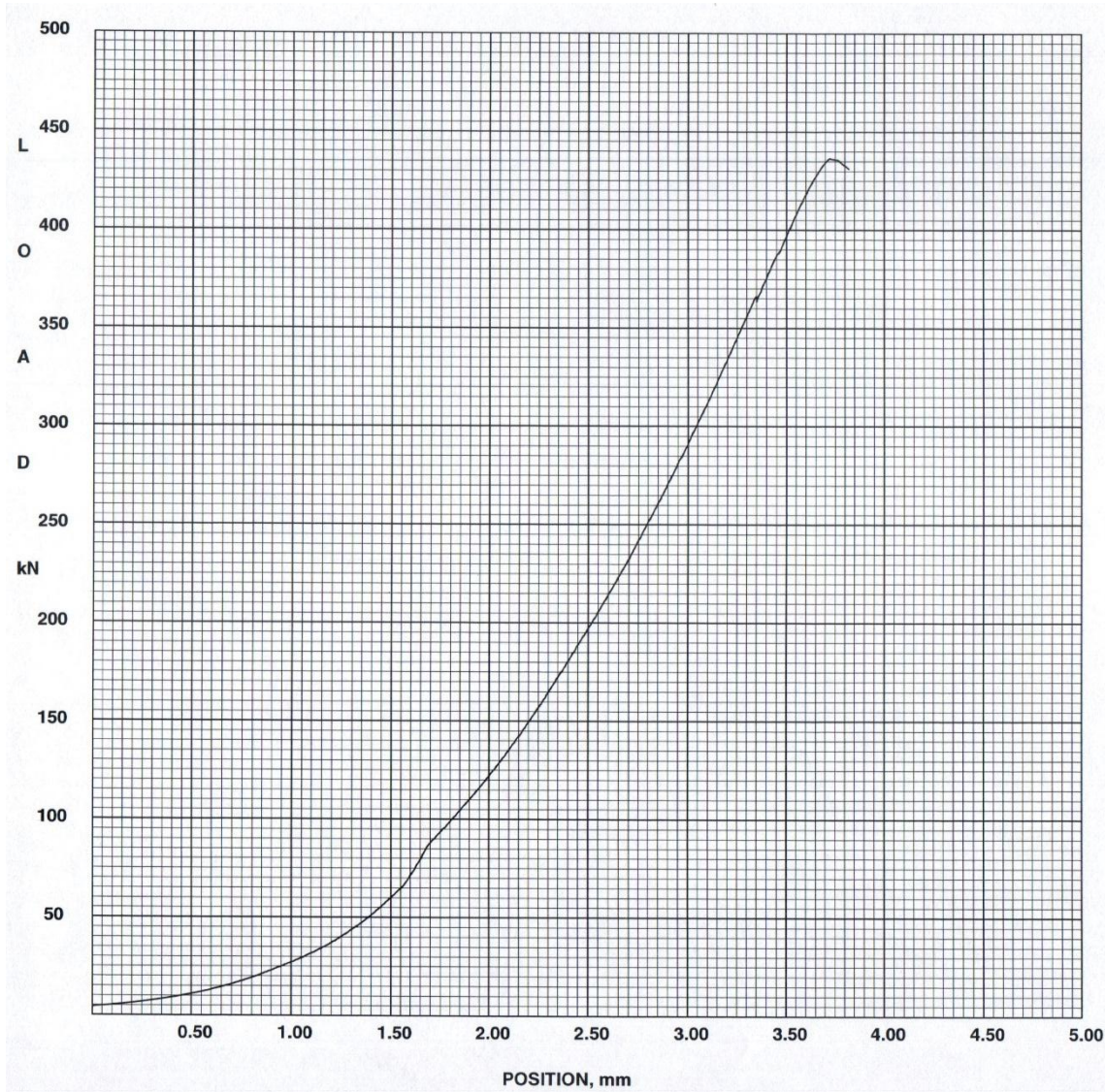
COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra PHC32
Fecha del Ensayo 12/03/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 425.7
Esfuerzo Ultimo, MPa: 24.1
ID Muestra: PHC32
Muestra #: PHC32

Dec 3, 2018 2:54:06 PM
SN: 206486 V7.02.11



Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

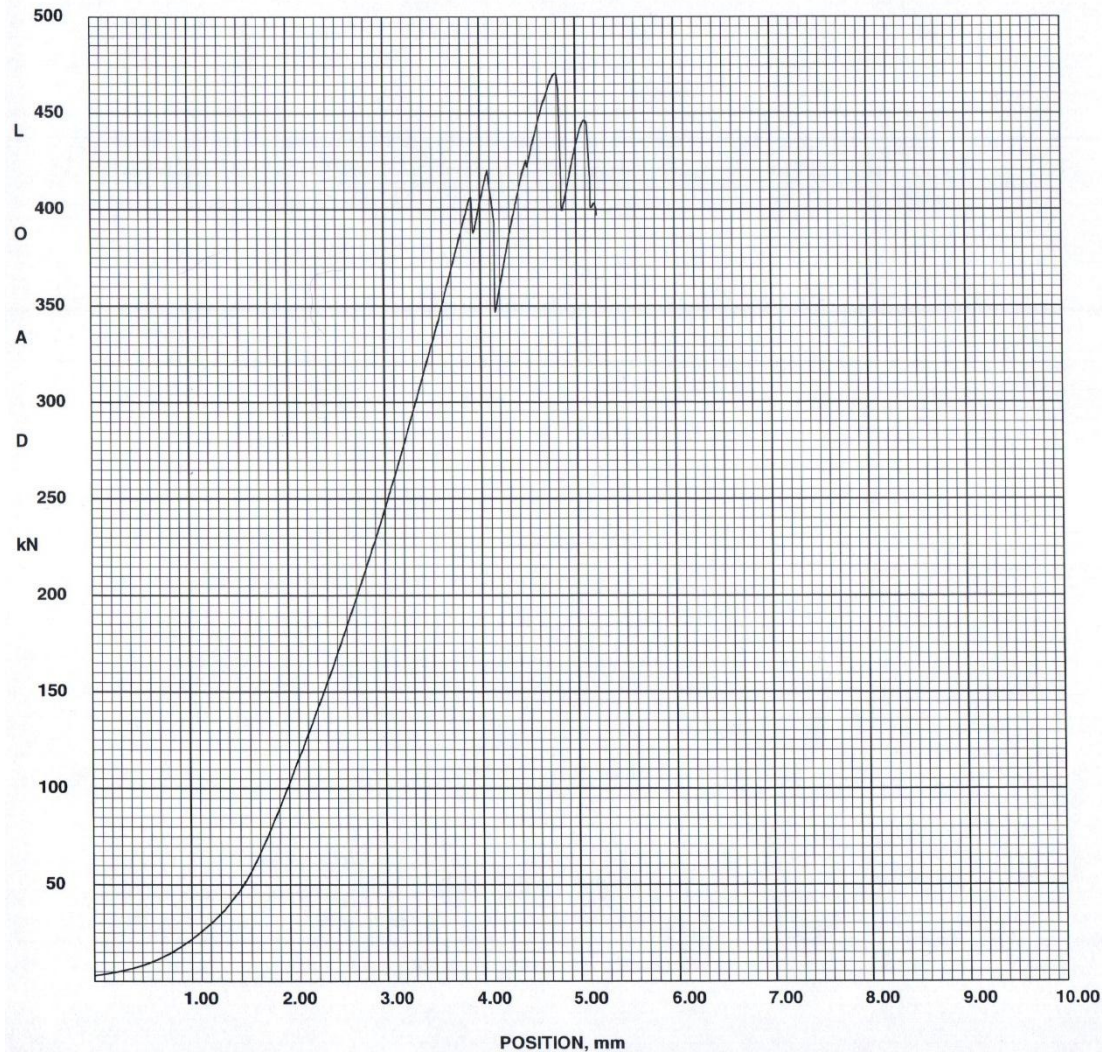
Cliente
ID Muestra PHC33
Fecha del Ensayo 12/03/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 436.5
Esfuerzo Ultimo, MPa: 24.6
ID Muestra: PHC33
Muestra #: PHC33

Dec 3, 2018 2:54:04 PM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 11: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta HMES1 (Gráfica Carga vs. Deformación)



Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra HMES11
Fecha del Ensayo 12/10/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 470.5
Esfuerzo Ultimo, MPa: 26.4
ID Muestra: HMES11
Muestra #: HMES11

Dec 10, 2018 9:29:35 AM
SN: 206486 V7.02.11

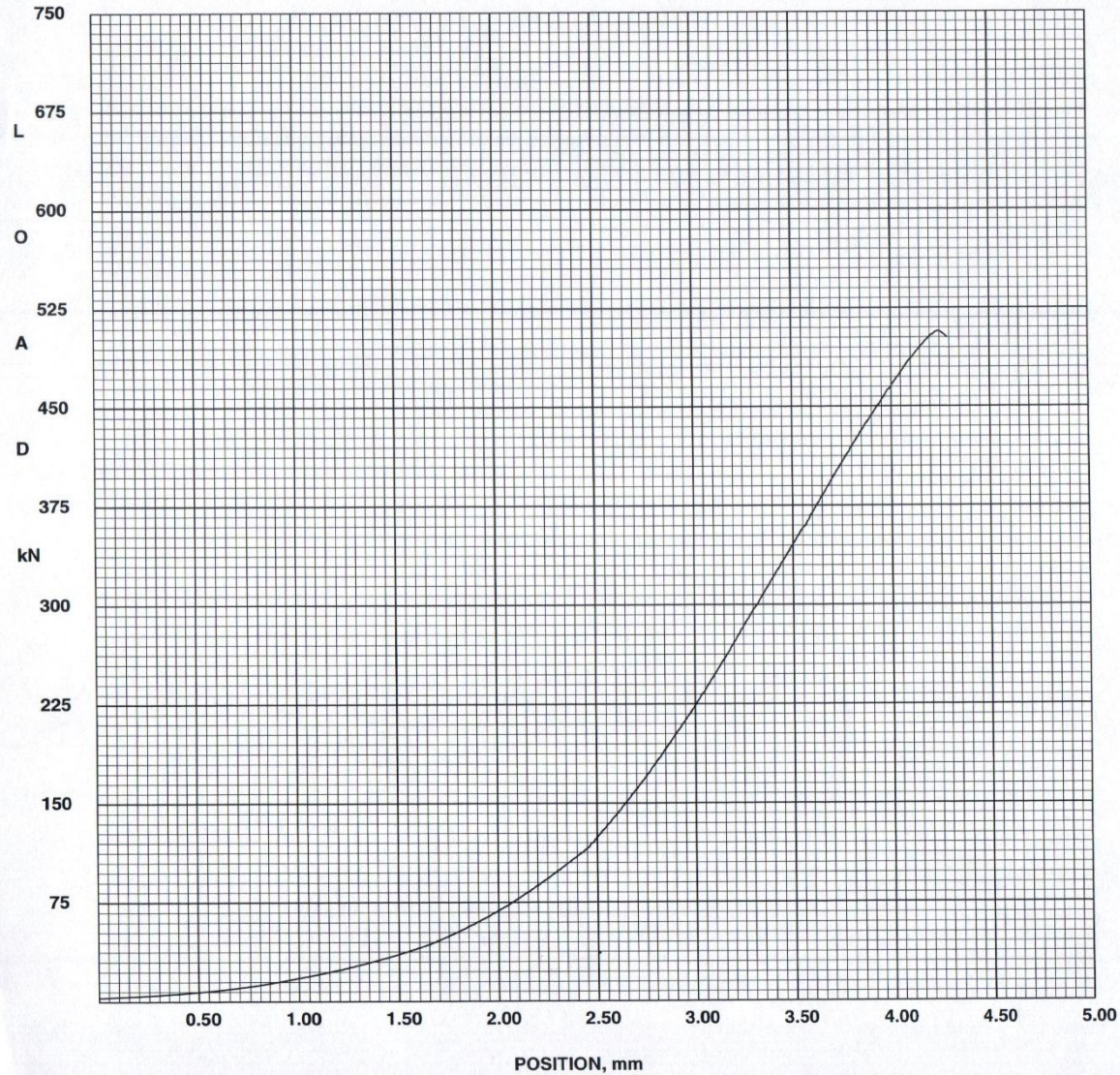
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

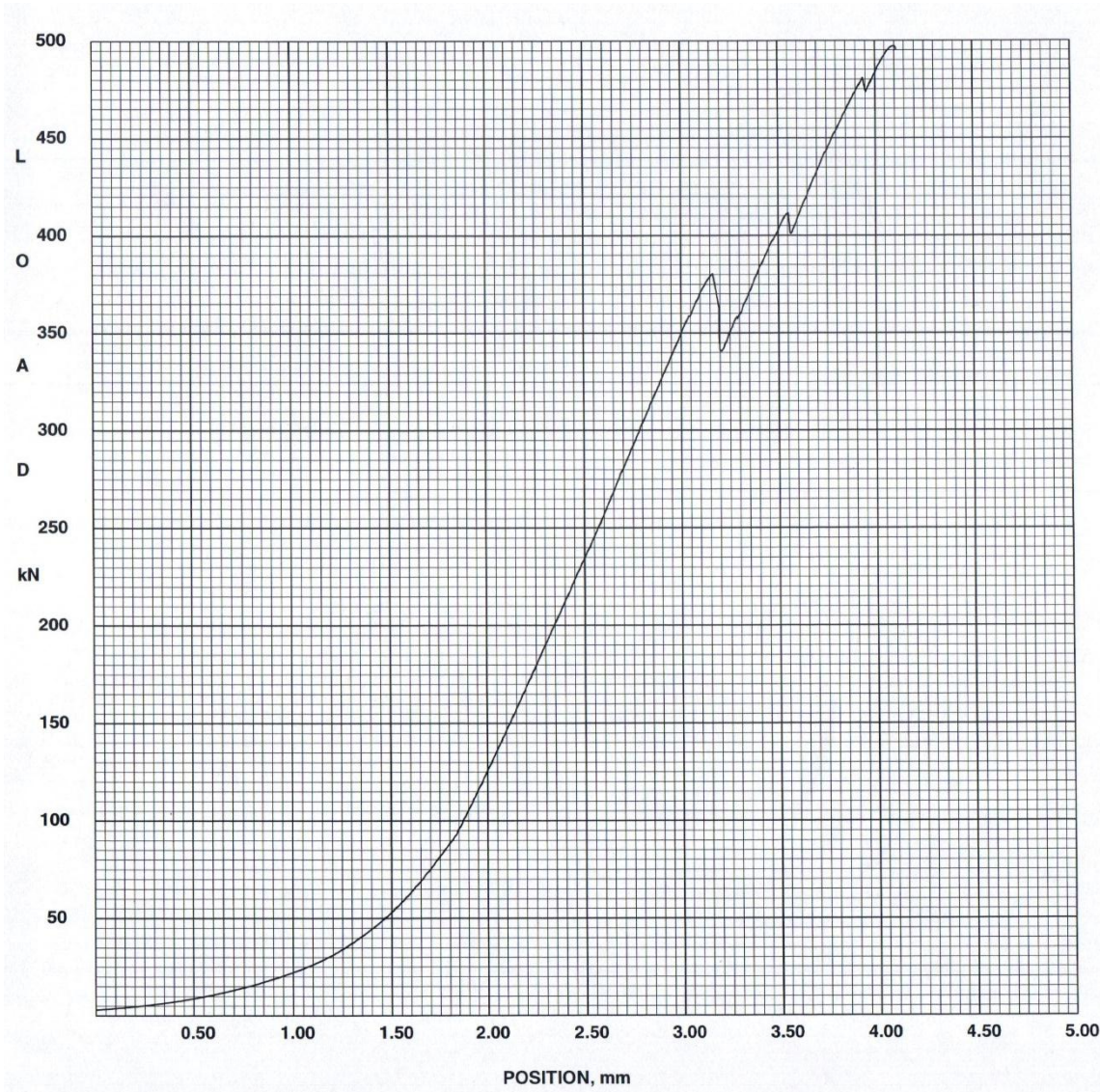
Cliente
ID Muestra HMES12
Fecha del Ensayo 12/10/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 507.1
Esfuerzo Ultimo, MPa: 27.9
ID Muestra: HMES12
Muestra #: HMES12



Dec 10, 2018 9:29:32 AM
SN: 206486 V7.02.11



Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

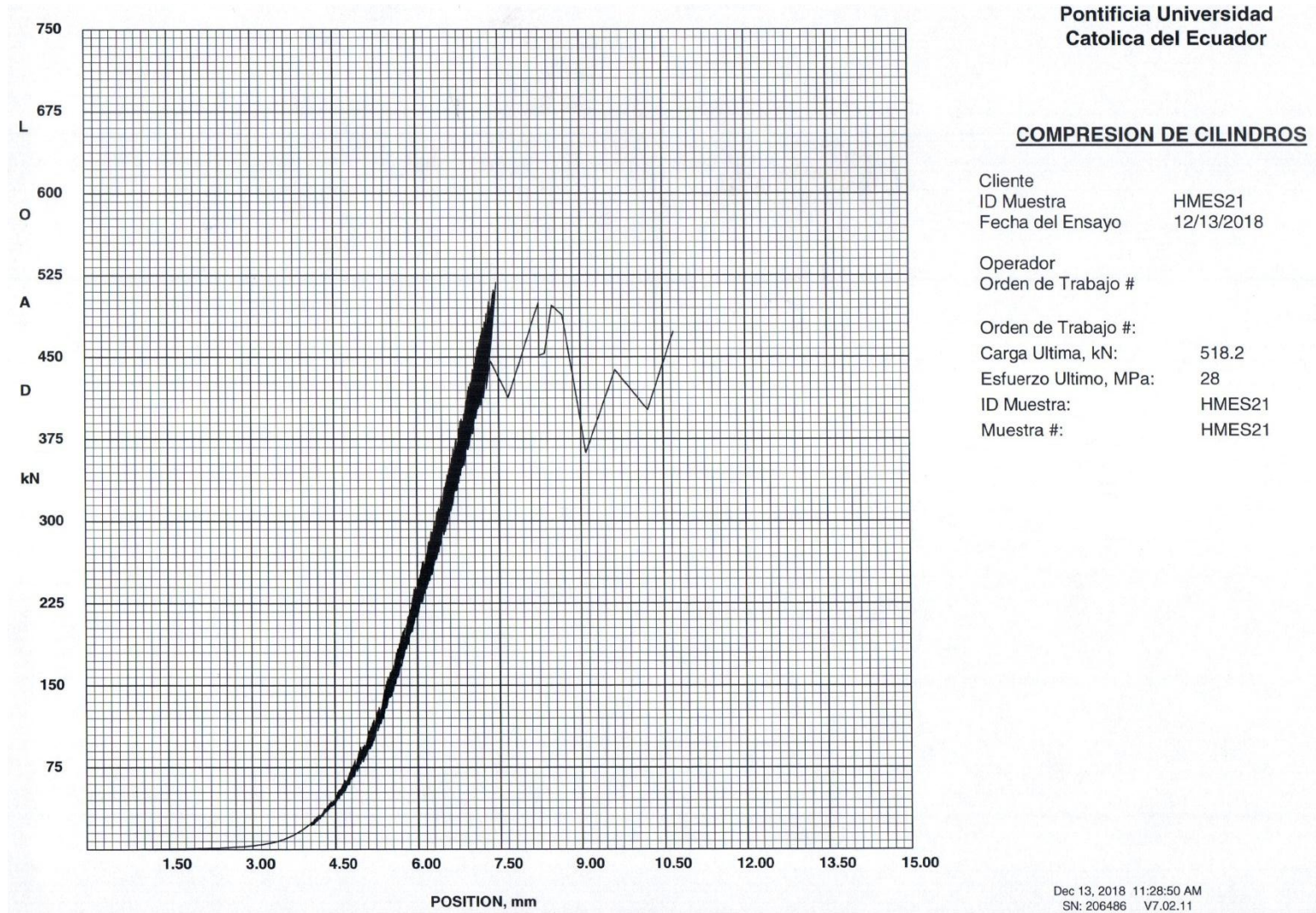
Cliente
ID Muestra HMES13
Fecha del Ensayo 12/10/2018

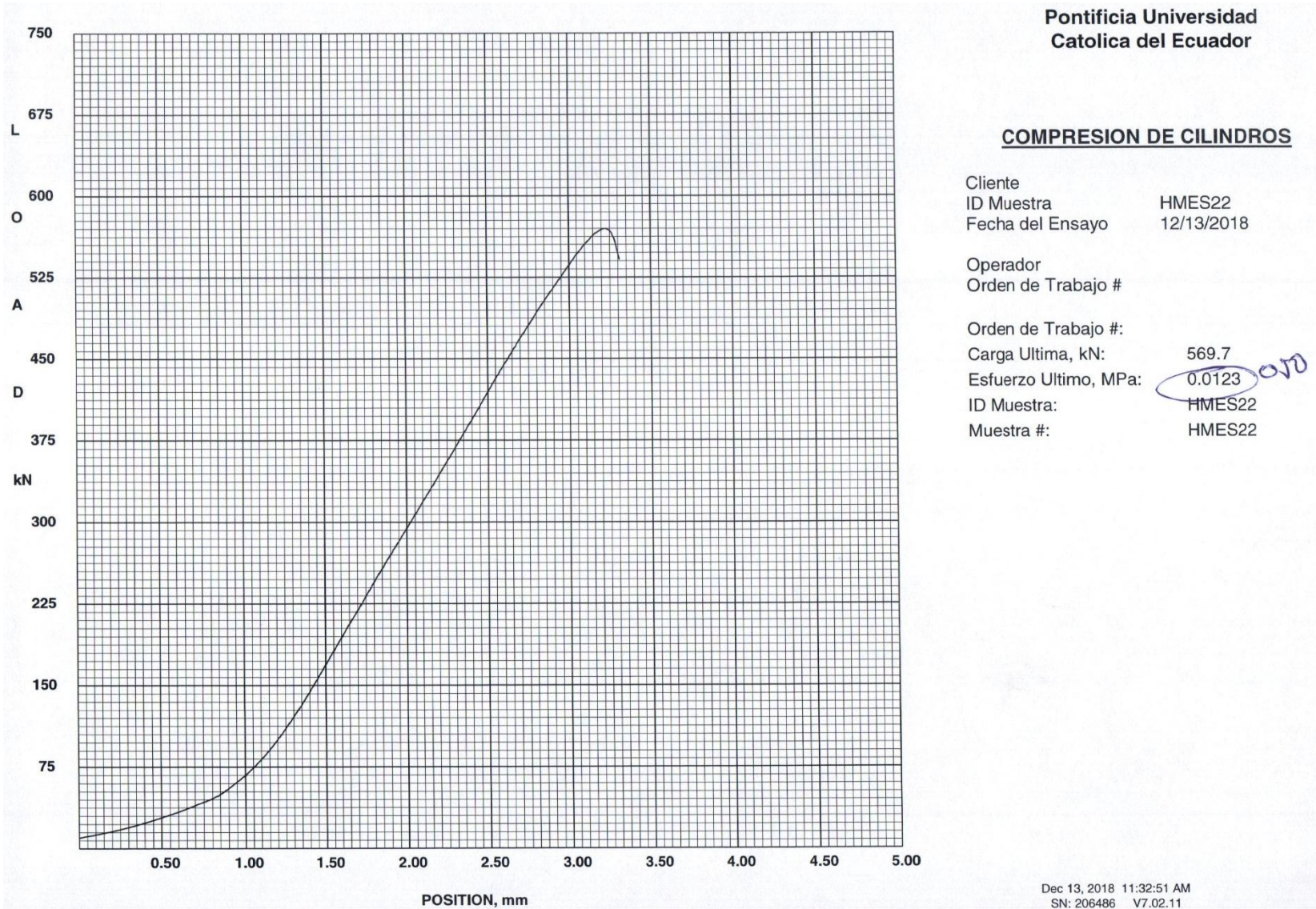
Operador
Orden de Trabajo # TESIS

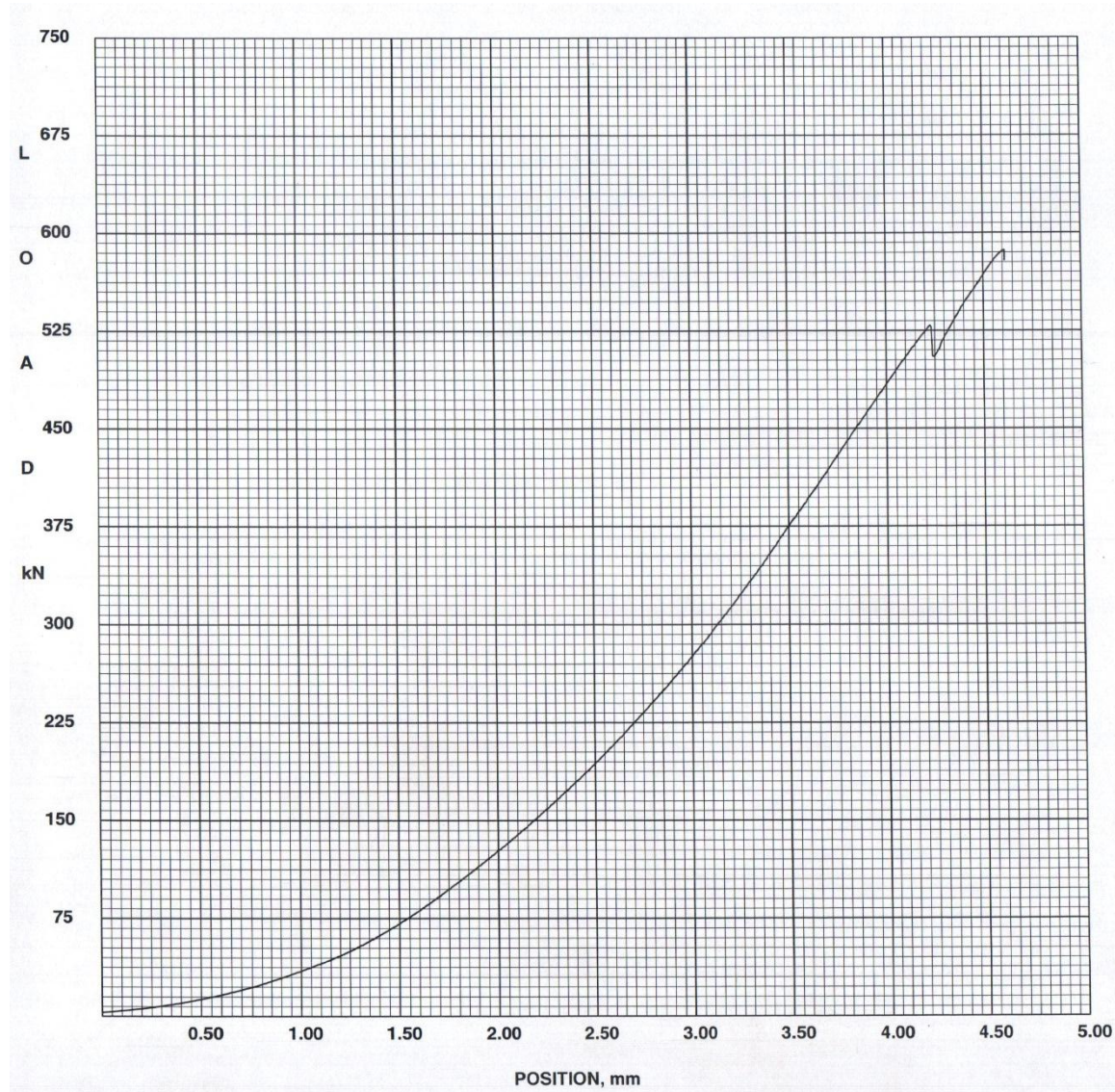
Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 497.1
Esfuerzo Ultimo, MPa: 27.5
ID Muestra: HMES13
Muestra #: HMES13

Dec 10, 2018 9:29:29 AM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 12: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta HMES2 (Gráfica Carga vs. Deformación)







Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

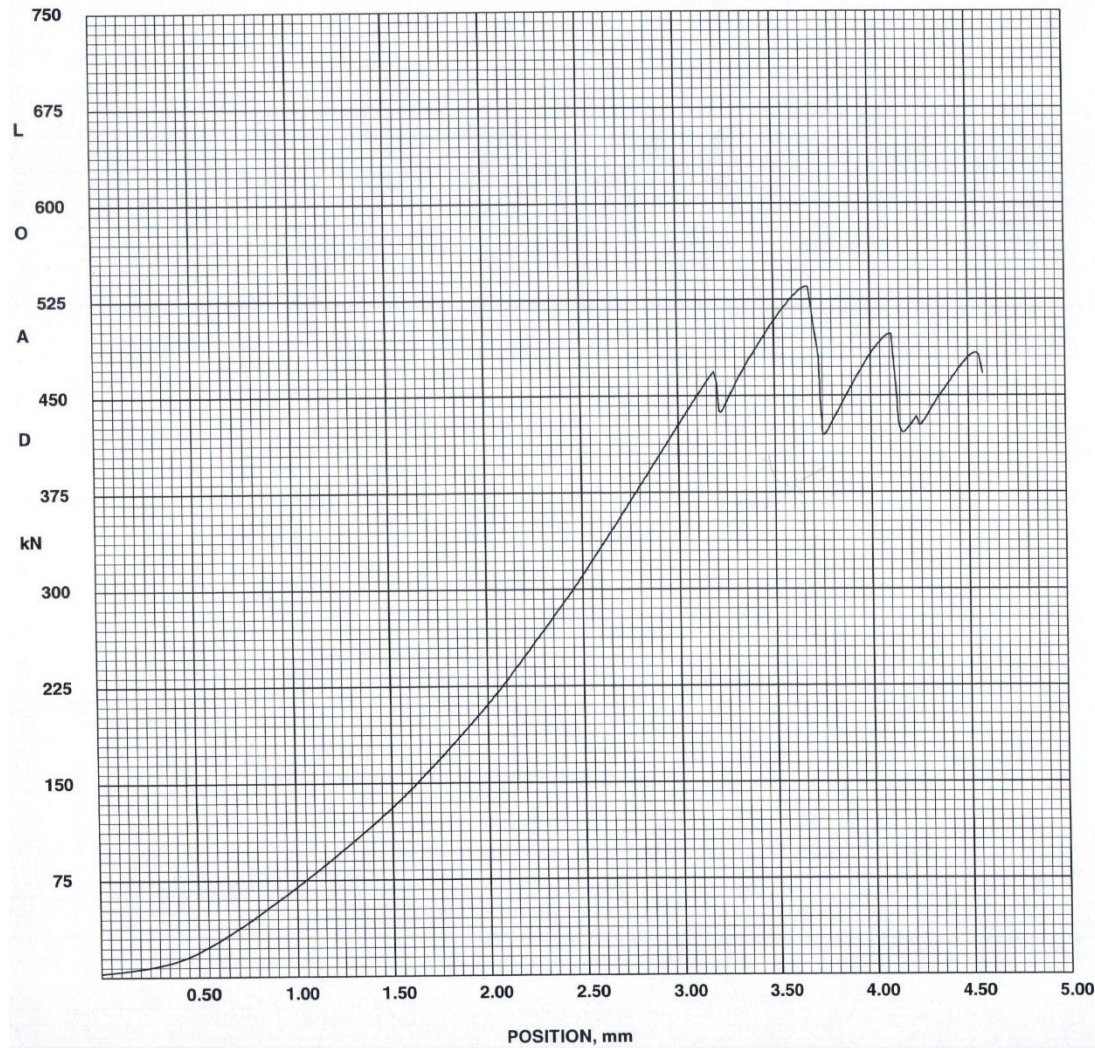
Cliente
ID Muestra HME23
Fecha del Ensayo 12/13/2018

Operador
Orden de Trabajo #

Orden de Trabajo #:
Carga Ultima, kN: 586.7
Esfuerzo Ultimo, MPa: 32.2
ID Muestra: HME23
Muestra #: HME23

Dec 13, 2018 11:37:40 AM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 13: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta HMES3 (Gráfica Carga vs. Deformación)



Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	
ID Muestra	HMES31
Fecha del Ensayo	01/02/2019
Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS
Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	535
Esfuerzo Ultimo, MPa:	29.4
ID Muestra:	HMES31
Muestra #:	HMES31

Jan 2, 2019 9:17:50 AM
SN: 206486 V7.02.11

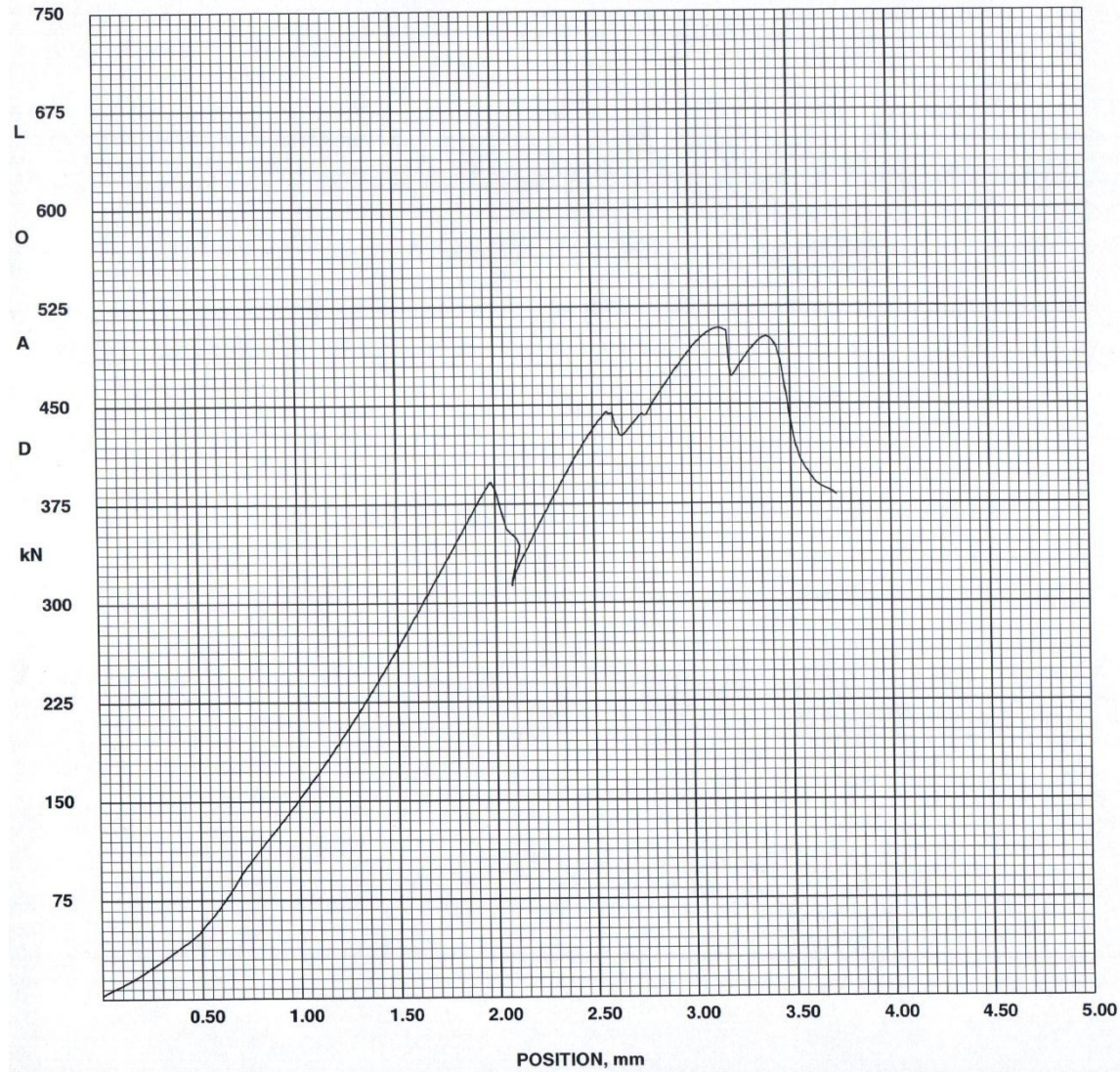
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra HMES32
Fecha del Ensayo 01/02/2019

Operador FC
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 508.2
Esfuerzo Ultimo, MPa: 27.6
ID Muestra: HMES32
Muestra #: HMES32



Jan 2, 2019 9:17:47 AM
SN: 206486 V7.02.11

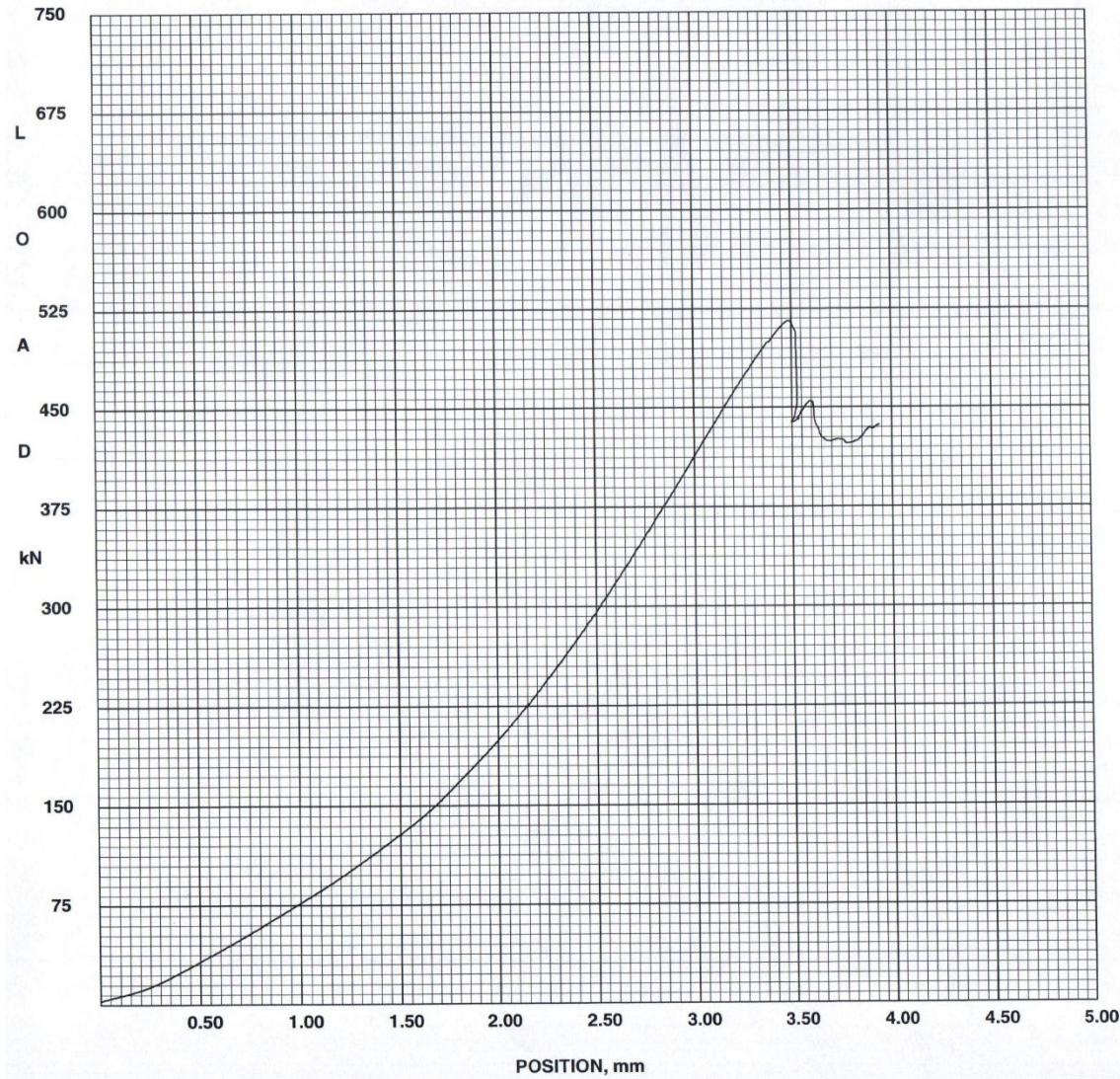
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra : HMES33
Fecha del Ensayo 01/02/2019

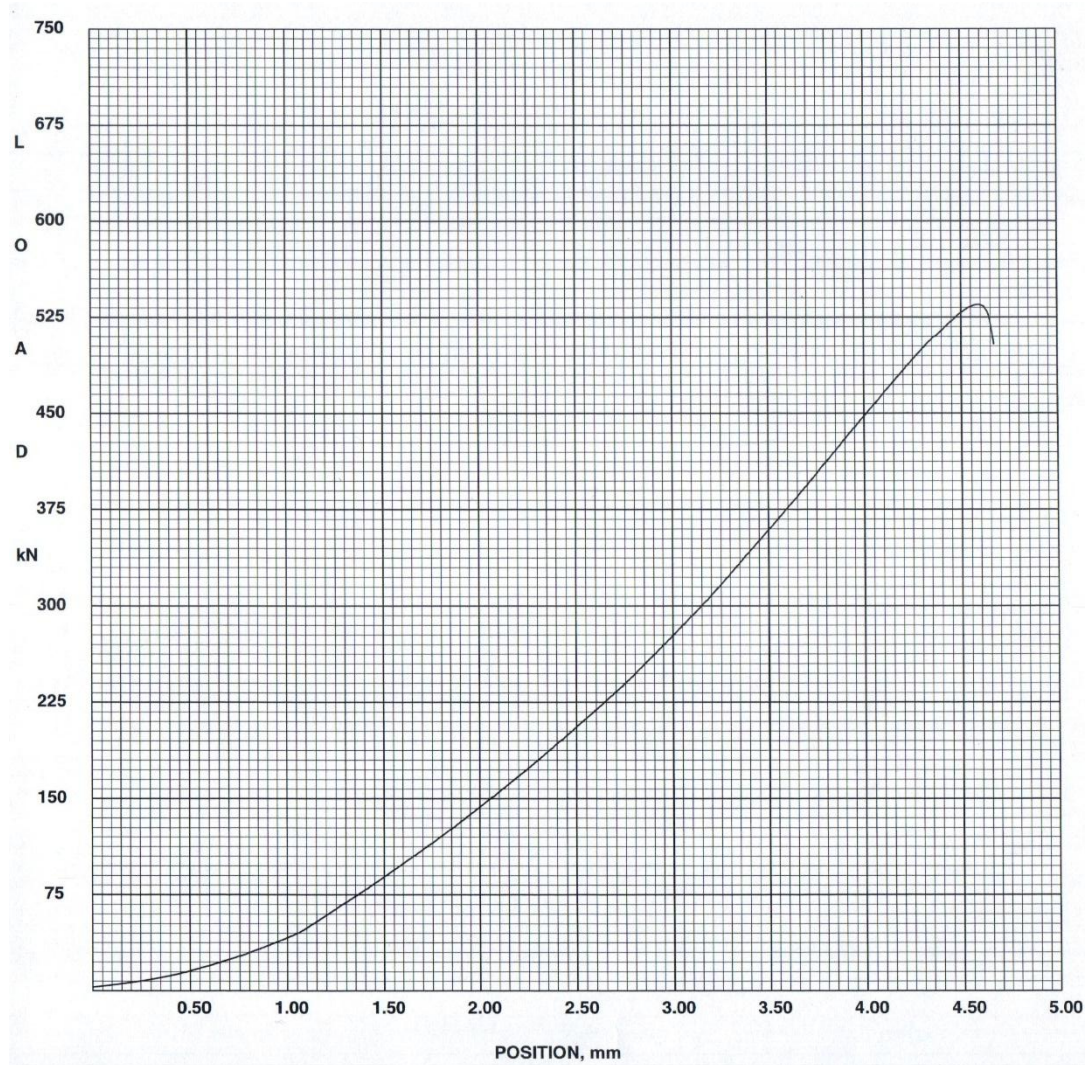
Operador FC
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 515.8
Esfuerzo Ultimo, MPa: 29.1
ID Muestra: HMES33
Muestra #: HMES33



Jan 2, 2019 9:17:45 AM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 14: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta H15F1 (Gráfica Carga vs. Deformación)



Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra H15F11
Fecha del Ensayo 12/17/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 534.9
Esfuerzo Ultimo, MPa: 30.1
ID Muestra: H15F11
Muestra #: H15F11

Dec 17, 2018 3:07:17 PM
SN: 206486 V7.02.11

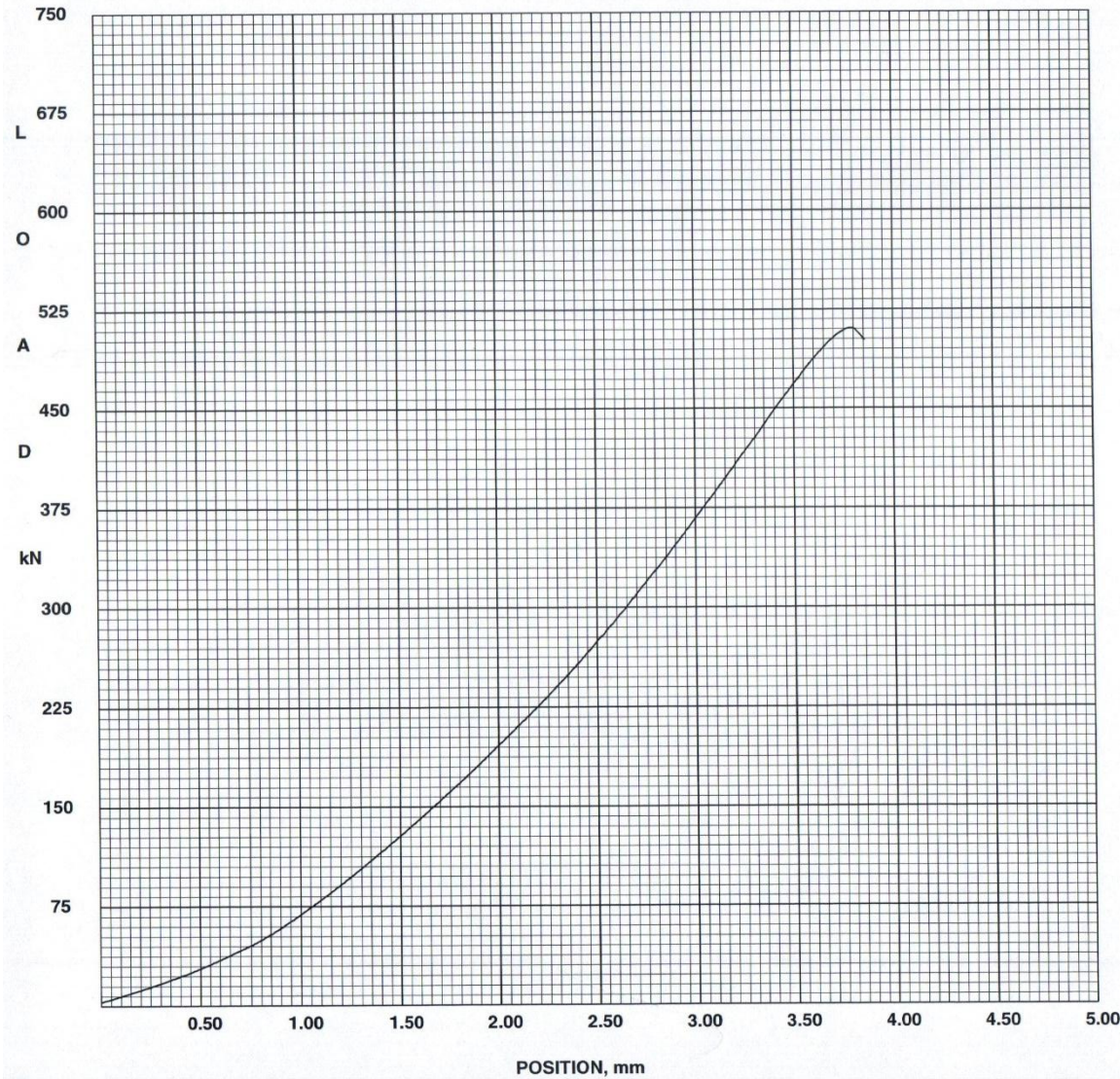
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra H15F12
Fecha del Ensayo 12/17/2018

Operador
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 510.7
Esfuerzo Ultimo, MPa: 28.3
ID Muestra: H15F12
Muestra #: H15F12



Dec 17, 2018 3:10:50 PM
SN: 206486 V7.02.11

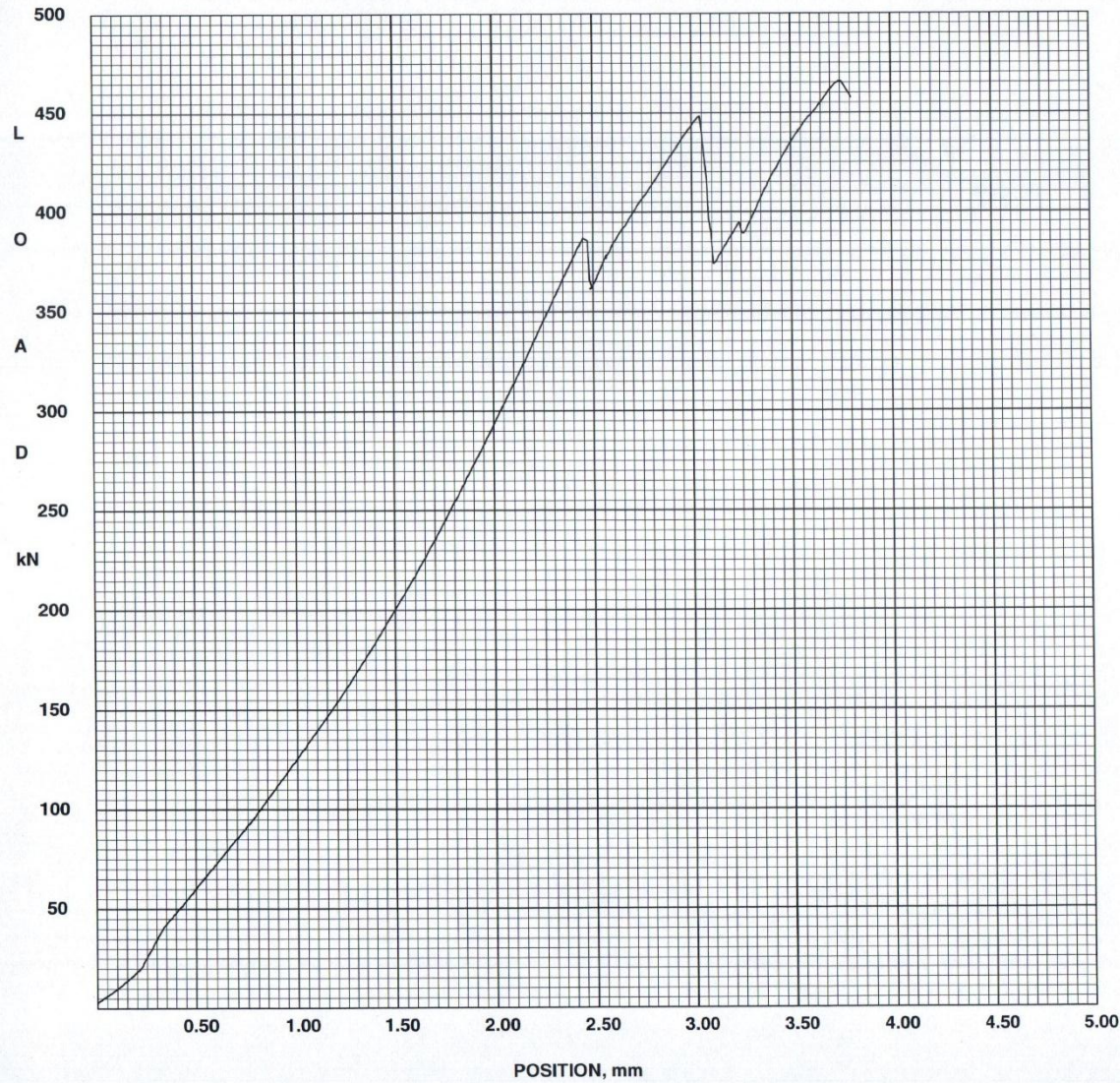
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra H15F13
Fecha del Ensayo 12/17/2018

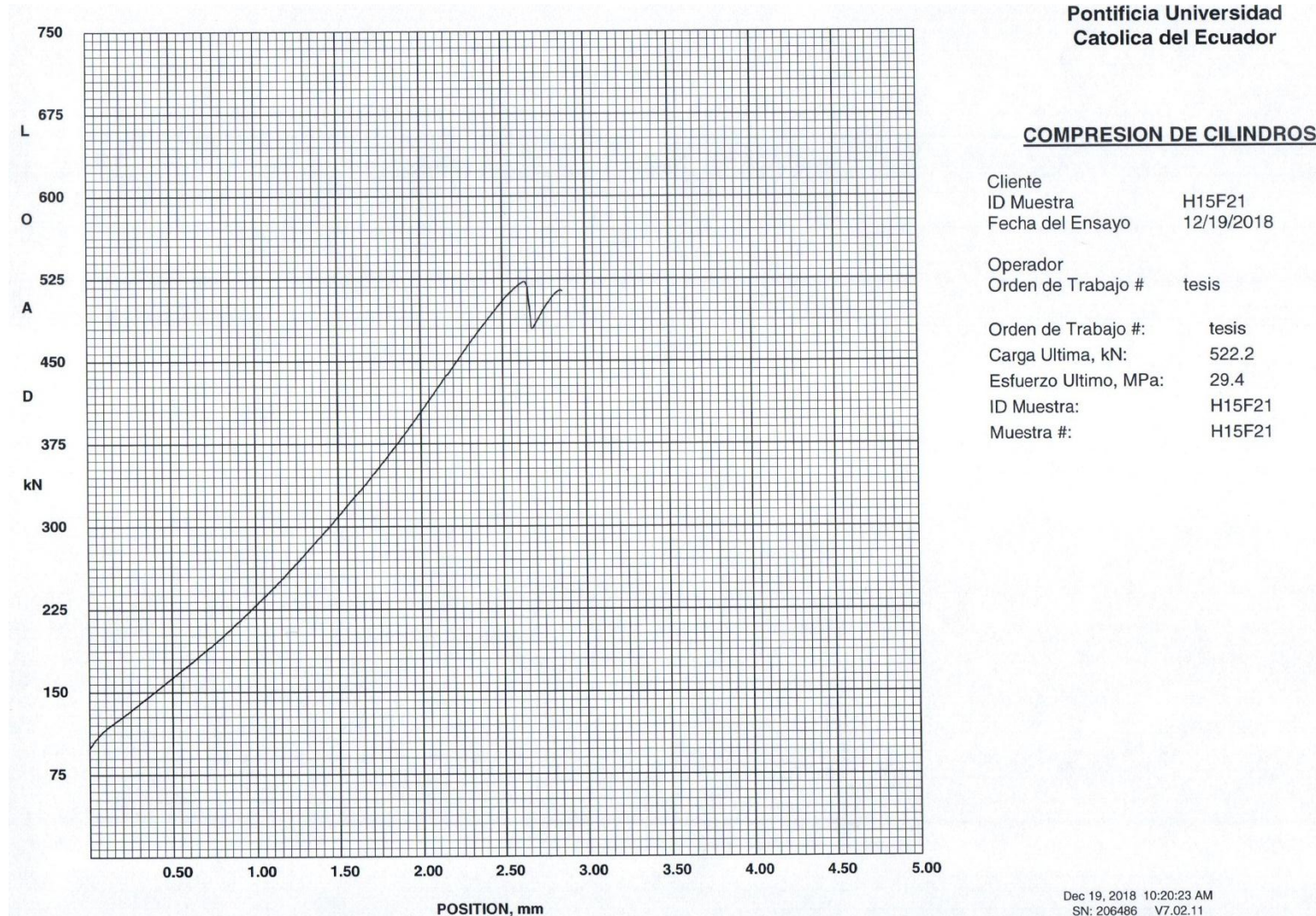
Operador
Orden de Trabajo # TESIS

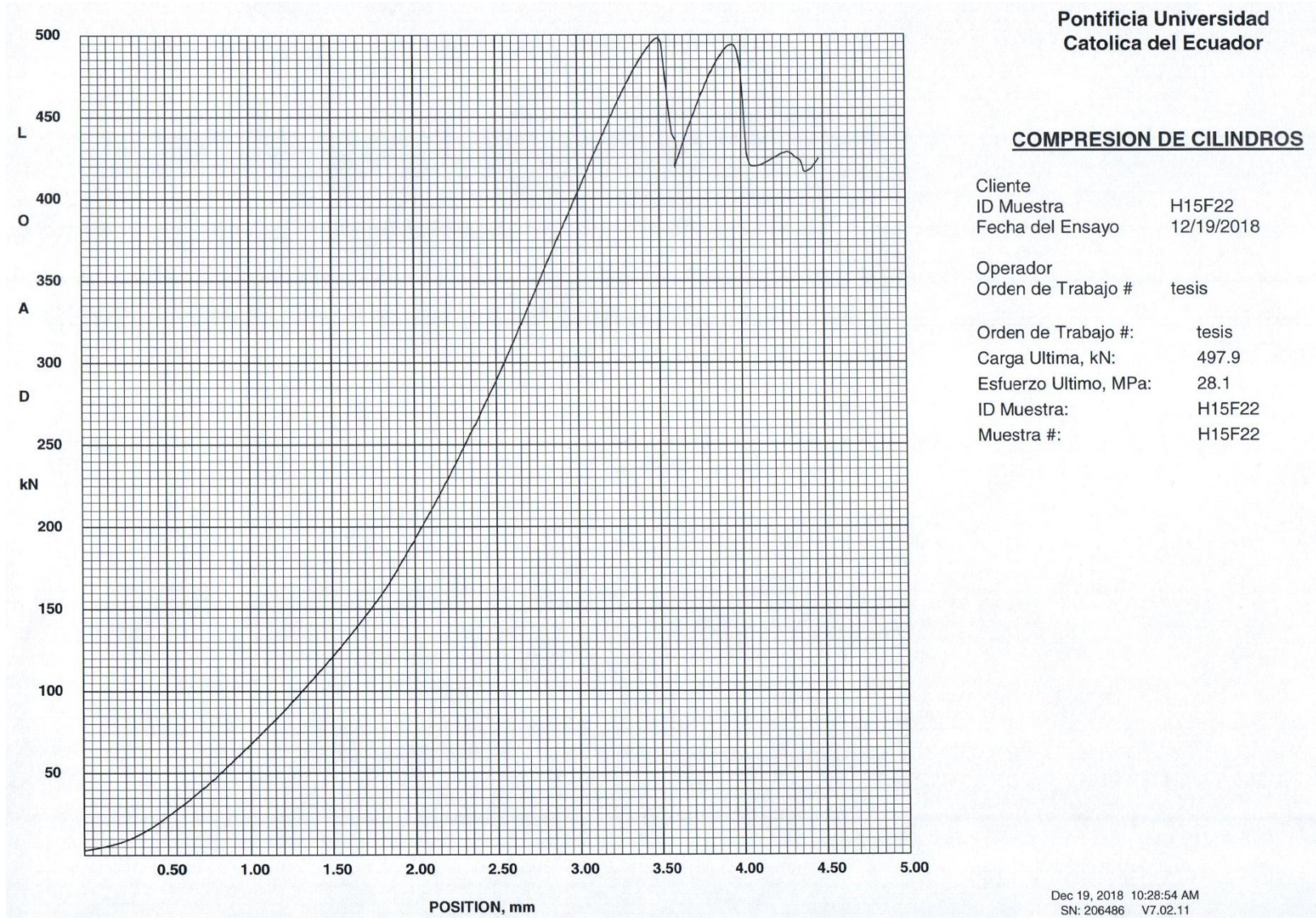
Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 465.9
Esfuerzo Ultimo, MPa: 26.2
ID Muestra: H15F13
Muestra #: H15F13



Dec 17, 2018 3:13:29 PM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 15: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta H15F2 (Gráfica Carga vs. Deformación)





Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra H15F22
Fecha del Ensayo 12/19/2018

Operador
Orden de Trabajo # tesis

Orden de Trabajo #: tesis
Carga Ultima, kN: 497.9
Esfuerzo Ultimo, MPa: 28.1
ID Muestra: H15F22
Muestra #: H15F22

Dec 19, 2018 10:28:54 AM
SN: 206486 V7.02.11

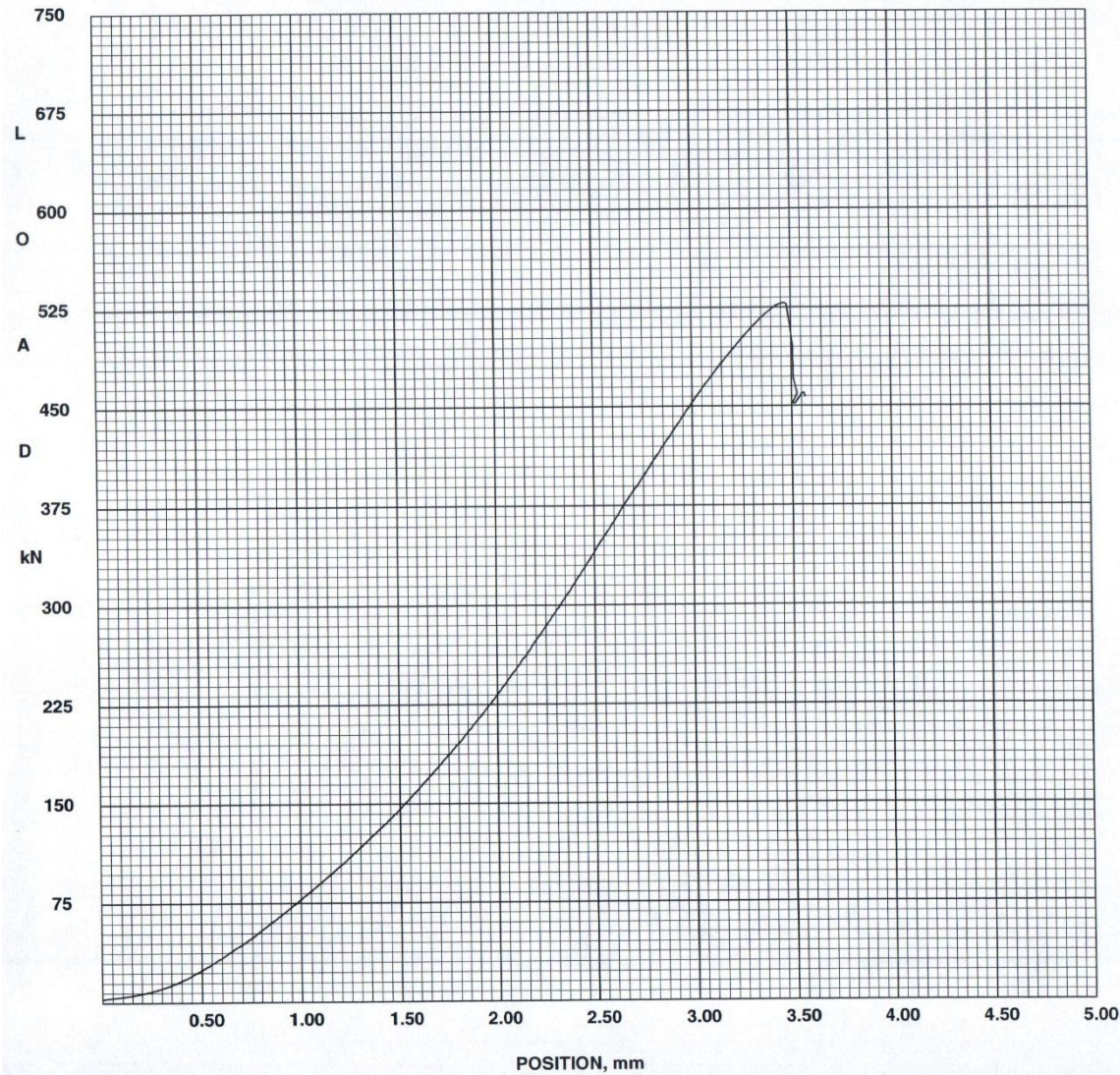
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente
ID Muestra H15F23
Fecha del Ensayo 12/19/2018

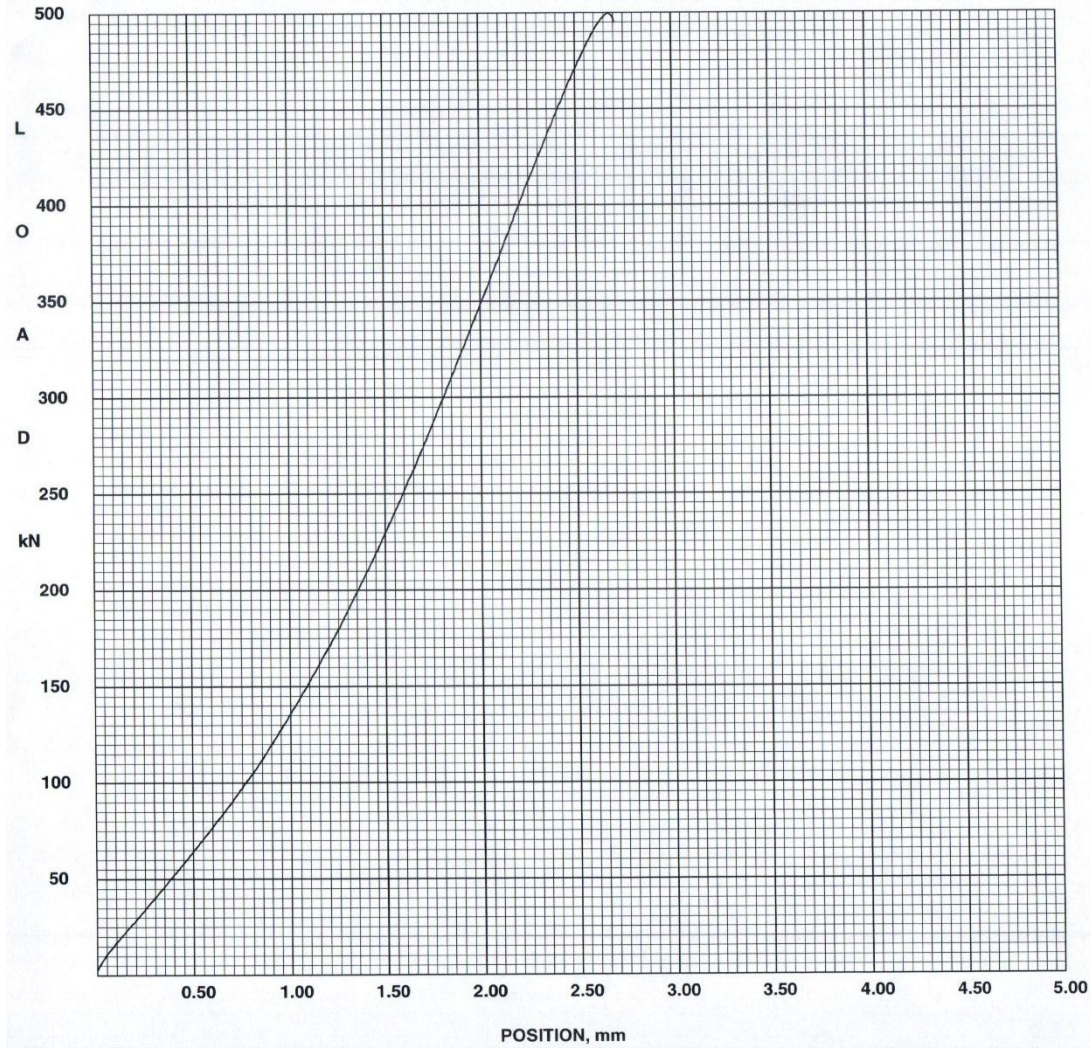
Operador
Orden de Trabajo # tesis

Orden de Trabajo #: tesis
Carga Ultima, kN: 528.2
Esfuerzo Ultimo, MPa: 29
ID Muestra: H15F23
Muestra #: H15F23



Dec 19, 2018 10:32:07 AM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 16: Resistencia de cilindros obtenidos de la probeta H15F3 (Gráfica Carga vs. Deformación)



Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente	SEDEMI
ID Muestra	H15F31
Fecha del Ensayo	12/26/2018

Operador	FC
Orden de Trabajo #	TESIS

Orden de Trabajo #:	TESIS
Carga Ultima, kN:	499.6
Esfuerzo Ultimo, MPa:	27.8
ID Muestra:	H15F31
Muestra #:	H15F31

Dec 26, 2018 9:53:46 AM
SN: 206486 V7.02.11

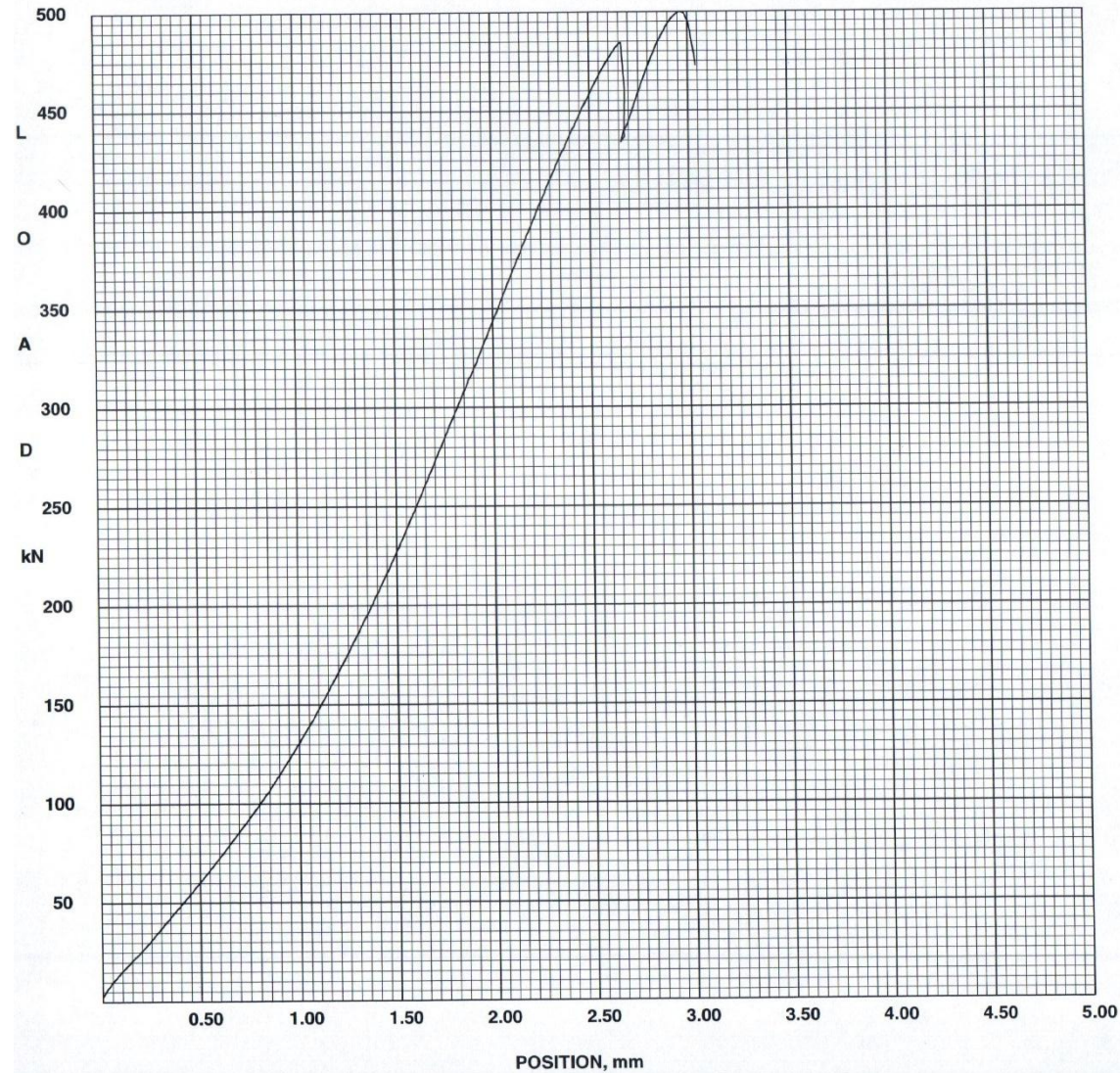
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente SEDEMI
ID Muestra H15F32
Fecha del Ensayo 12/26/2018

Operador FC
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 499.9
Esfuerzo Ultimo, MPa: 28.2
ID Muestra: H15F32
Muestra #: H15F32



Dec 26, 2018 9:53:43 AM
SN: 206486 V7.02.11

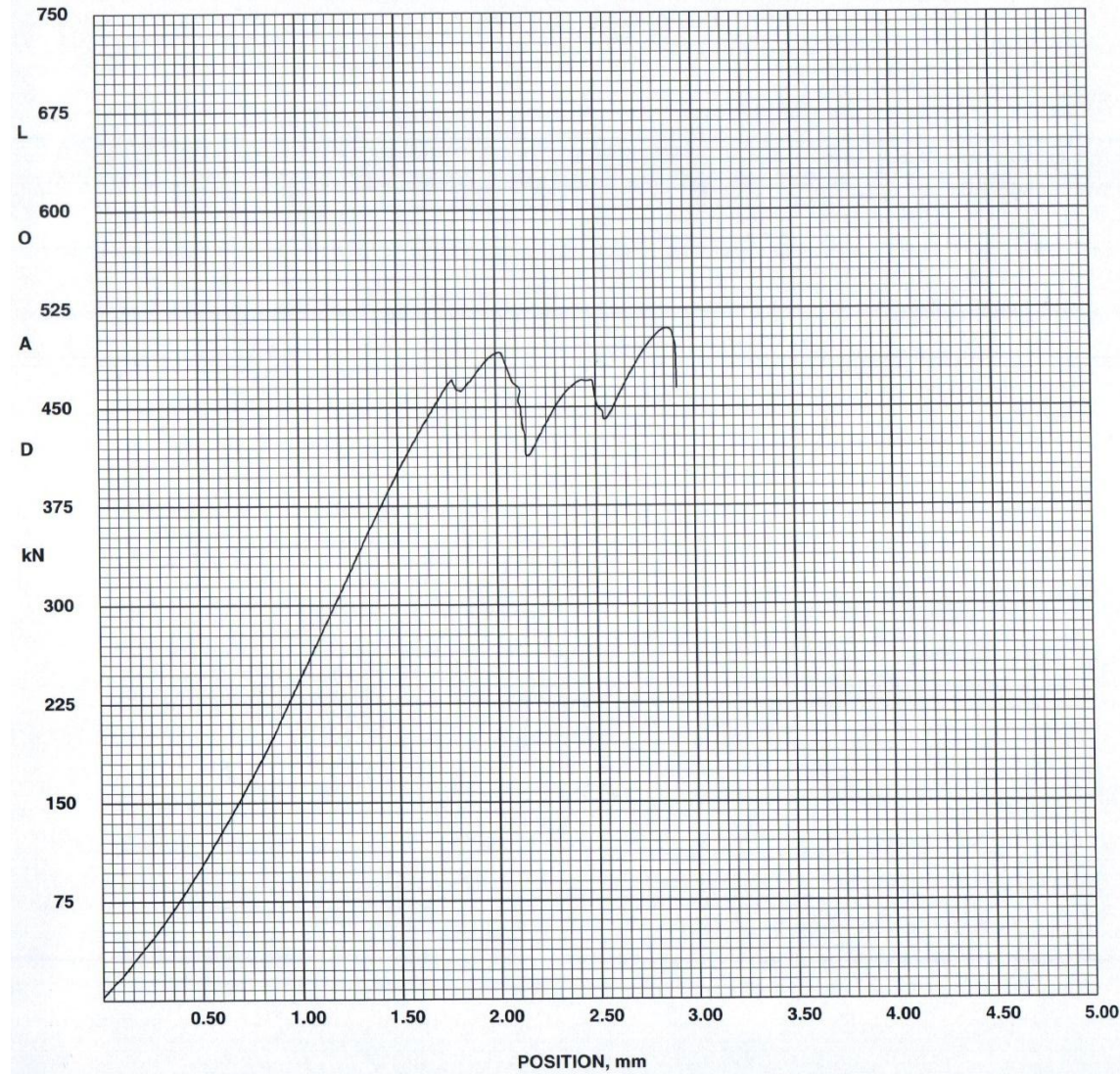
Pontificia Universidad
Catolica del Ecuador

COMPRESION DE CILINDROS

Cliente SEDEMI
ID Muestra H15F33
Fecha del Ensayo 12/26/2018

Operador FC
Orden de Trabajo # TESIS

Orden de Trabajo #: TESIS
Carga Ultima, kN: 509.7
Esfuerzo Ultimo, MPa: 28
ID Muestra: H15F33
Muestra #: H15F33



Dec 26, 2018 9:53:41 AM
SN: 206486 V7.02.11

Anexo 19: Rubros auxiliares de la construcción (Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 2018, pág. 40)

AUXILIARES							
HORMIGONES							
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=140 KG/CM2	m3			69,07	69,07	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m3			72,94	72,94	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=210 KG/CM2	m3			76,74	76,74	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=240 KG/CM2	m3			81,07	81,07	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=250 KG/CM2	m3			83,66	83,66	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=280KG/CM2	m3		0,00	84,07	84,07	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=350KG/CM2	m3		0,00	97,57	97,57	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=380KG/CM2	m3		0,00	112,57	112,57	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=80KG/CM2	m3		0,00	54,83	54,83	0,00	0,00
AUX: HORMIGON SIMPLE F'C=90 KG/CM2	m3			56,87	56,87	0,00	0,00
ENCOFRADOS							
AUX: ENCOF. ESCALERA H=2.34	m3			119,81	119,81	0,00	0,00
AUX: ENCOF. ESCALERA H=2.34 PLEG	m3			168,04	168,04	0,00	0,00
AUX: ENCOF. RIOS. HORIZ. 0.15X0.2	m3			44,35	44,35	0,00	0,00
AUX: ENCOF. RIOSTRA DIAG. 0.15X0.2	m3			45,13	45,13	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO CADENA 0.30 X 0.30	m3			83,67	83,67	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO CADENA 0.40 X 0.40	m3			55,82	55,82	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO COLUMNA 0.40 X 0.40	m3			84,18	84,18	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO COLUMNA 0.60 X 0.60	m3			53,52	53,52	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO EN DINTELES	m3			65,09	65,09	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO LOSA E=0.2 - 0.30	m2			14,42	14,42	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO MADERA MONTE CEPILLADA	m2			4,19	4,19	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO MURO E=0.2-1 LADO	m3			33,18	33,18	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO MURO E=0.2-2 LADOS	m3			74,96	74,96	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO MURO E=0.3-1LADO	m3			25,32	25,32	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO MURO E=0.3-2 LADOS	m3			49,42	49,42	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2			5,86	5,86	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO VIGA 0.20 X 0.30	m3			228,88	228,88	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO VIGA 0.20 X 0.40	m3			191,90	191,90	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO VIGA 0.30 X 0.40	m3			134,67	134,67	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO VIGA 0.30 X 0.60	m3			101,58	101,58	0,00	0,00
AUX: ENCOFRADO VIGA 0.50 X 0.60	m3			73,36	73,36	0,00	0,00
AUX: MODULO TIPO I (1.22X0.30)	u	1 Carp+1 Peon	53,33	2,24	1,15	1,06	0,03
AUX: MODULO TIPO II (1.22 X 0.40)	u	1 Carp+1 Peon	53,33	2,57	1,48	1,06	0,03
AUX: MODULO TIPO III (1.22 X 0.60)	u	1 Carp+1 Peon	40,00	3,57	2,13	1,40	0,04
AUX: MODULO TIPO IV (1.22 X 1.22)	u	1 Carp+1 Peon	40,00	5,31	3,87	1,40	0,04
MORTEROS							
AUX: MORTERO CAL : BARRO : ARENA 1:1:1	M3			74,35	74,35	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CAL : ARENA 1:1:4	M3		10,39	77,59	77,59	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CAL : ARENA 1:1:6	M3		9,27	68,80	68,80	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CEMENTINA : ARENA 1:1:10	m3		3,60	63,58	63,58	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CEMENTINA : ARENA 1:1:12	m3		3,60	56,92	56,92	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CEMENTINA : ARENA 1:1:2	m3			0,00	0,00	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CEMENTINA : ARENA 1:1:4	m3		4,00	94,09	94,09	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CEMENTINA : ARENA 1:1:6	m3			82,52	82,52	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO : CEMENTINA : ARENA 1:1:8	m3		4,00	71,49	71,49	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:1	m3			132,44	132,44	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:10	m3			43,10	43,10	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:12	m3			39,25	39,25	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:2	m3			107,90	107,90	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:3	m3			92,51	92,51	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:4	m3			83,63	83,63	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:5	m3			73,22	73,22	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:6	m3			64,47	64,47	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:7	m3			57,40	57,40	0,00	0,00
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:8	m3			50,63	50,63	0,00	0,00

Anexo 20: Rubros hormigón simple en la construcción (Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 2018)

HORMIGONES				10,00	33,45	9,57	20,07	3,81
HORMIGON SIMPLE								
BERMA DE HORMIGON SIMPLE F'C=180KG/CM2	m	2 Alb+9 Peon	8,00	117,99	72,94	38,69	6,36	
CAJA PARA BOMBA	u	1 Elec+1 Peon	4,00	28,25	4,95	22,10	1,20	
HORMIGON SIMPLE MUROS F'C=210 KG/CM2	m3	2 Alb+10 Peon	7,70	130,78	76,74	46,82	7,22	
HORMIGON SIMPLE 210 CADENAS (INC. ENCOFRADO)	m3	4 Alb+11 Peon+1 Carp	4,07	270,06	135,34	125,96	8,76	
HORMIGON SIMPLE 210 VIGAS (INC. ENCOFRADO)	m3	2 Alb+13 Peon+4 Carp	5,24	288,57	170,50	107,22	10,85	
HORMIGON SIMPLE CADENAS F'C=210 INCLUYE ENCOFRADO	m3	2 Alb+13 Peon+4 Carp	0,00	206,52	147,06	53,73	5,73	
HORMIGON SIMPLE CADENAS F'C=210 KG/CM2	m3	4 Alb+10 Peon	8,00	133,20	76,74	49,70	6,76	
HORMIGON SIMPLE COLUMNAS F'C=210 KG/CM2	m3	5 Alb+11 Peon	7,68	138,26	76,74	56,76	4,76	
HORMIGON SIMPLE COLUMNAS F'C=210 KG/CM2 INCLUYE ENCOFRADO	m3	2 Alb+13 Peon+4 Carp	0,00	243,74	193,94	45,01	4,79	
HORMIGON SIMPLE COLUMNAS F'C=240 KG/CM2	m3	5 Alb+11 Peon	7,50	145,36	81,07	57,53	6,76	
HORMIGON SIMPLE DINTELES F'C=210 KG/CM2	m3	6 Alb+11 Peon	8,00	143,81	76,74	60,31	6,76	
HORMIGON SIMPLE ESCALERAS F'C=210 KG/CM2	m3	6 Alb+11 Peon	8,00	143,81	76,74	60,31	6,76	
HORMIGON SIMPLE LOSA SUPERIOR F'C=210 KG/CM2	m3	2 Alb+15 Peon	8,00	144,45	76,74	60,15	7,56	
HORMIGON SIMPLE LOSA SUPERIOR F'C=240 KG/CM2	m3	2 Alb+15 Peon	8,02	147,98	81,07	60,15	6,76	
HORMIGON SIMPLE MARCO VENTANA F'C=180 KG/CM2	m3	2 Alb+9 Peon	8,00	118,39	72,94	39,09	6,36	
HORMIGON SIMPLE PAREDES F'C=240 KG/CM2	m3	3 Alb+9 Peon	8,00	131,66	82,22	42,64	7,00	
HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO F'C=140KG/CM2	m3	2 Alb+9 Peon	8,00	112,53	69,07	39,09	4,37	
HORMIGON SIMPLE RIOSTRAS F'C=210 KG/CM2	m3	6 Alb+11 Peon	8,00	143,81	76,74	60,31	6,76	
HORMIGON SIMPLE VIGAS SUPERIORES F'C=210 KG/CM2	m3	6,5 Alb+11 Peon	8,00	145,59	76,74	62,09	6,76	
HORMIGON SIMPLE VIGASILOSA DE CIMENTACION F'C=210 KG/CM2	m3	4,4 Alb+10 Peon	8,00	134,42	76,74	51,12	6,56	
REPLANTILLO H.S. 140 KG/CM2	m3	3 Alb+7 Peon	7,47	108,78	69,07	36,94	2,77	
REPLANTILLO H.S. F'C=180KG/CM2	m3	3 Alb+7 Peon	7,41	112,65	72,94	36,94	2,77	

Anexo 21: Costos de materiales de la construcción (Camara de la Industria de la Construcción Ecuatoriana, 2018)

Cemento Selva Alegre (50 kg)	7,63	Chispa con arena para adoquines 3/8 (m³)	20,00
Arena lavada de río (m³)	19,00	Ripio triturado pasante	20,50
1 1/2 hasta 3/4 (m³)		Agregados para asfalto pasante 3/4 (m³)	20,50
Arena cribada para hormigones (m³)	20,00	Pulidora de pisos alquiler diario	33,60
Teja colonial brillante negro, rojo, ladrillo (u)	0,84	Pulidora de pisos alquiler por semana	150,00
Teja colonial cerámico negro, rojo, ladrillo (u)	0,71	Martillo rompedor eléctrico liviano (día)	30,00
Teja colonial gris cemento (u)	0,53	Martillo rompedor eléctrico pesado (día)	40,00
Teja classic brillante negro, rojo, tabaco	0,36	Encofrado losa con tablero metálico (m²)	3,37
Teja classic cerámico negro, rojo, ladrillo (u)	0,66	Encofrado losa sin tablero (m²)	1,10
Adoquines vehicular hexagonal 20/m² (u)	0,35	Piedra burzardeada (m²)	26,54
Adoquines 6x10x20 50 u/m²	8,84	30x30 gris claro y oscuro	
Adoquines 8x10x20 50 u/m² con color	11,76	Piedra desbastada para fachadas y cerramientos	20,61
Bloque pesado de 15x20x40 (u)	0,35	Anticorrosivo Atomix Wesco 4 000 cm³	13,66
Bloque pesado de 10x20x40 (u)	0,27	Anticorrosivo brillante blanco 4 000 cm³	18,36
Bloque liviano de 15x20x40 (u)	0,32	Esmalte atomix varios colores Wesco 4 000 cm³	13,66
Bloque liviano de 10x20x40 (u)	0,27	Laca para pisos Furnital 4 000 cm³	34,46
Riel de eucalipto de segunda (u)	1,68	Laca Vernin brillante Córdor 4 000 cm³	18,98
Pingos de eucalipto 4 a 7 m x 0,30 (m)	0,94	Destornillador automático de 29 piezas con dado	3,99
Pingos de eucalipto 4 a 7 m x 0,40 (m)	0,94	Juego de 10 llaves de combinación con bandeja	7,99
Puntales de eucalipto 2,50x0,30 (u)	0,85	Pintura caucho Córdor económica	10,56
Puntales de eucalipto 3x0,30 (u)	1,11	Herramienta multifunción 8 en 1, con estuche y mini LED	4,99
Codo PVC 50 mm x 90 grados de desagüe (u)	0,78	Juego de llaves de combinación, 5 piezas	3,69
Codo PVC 75 mm x 90 grados de desagüe (u)	1,39	Toallero de barra 30 centímetros	1,44
Boquilla colgante sencilla de baquelita (u)	0,28	Pintura de tumbado sobre estuco (m²)	1,34

Anexo 22: Salarios mínimos en la construcción (Contraloría General del Estado Ecuatoriano, 2018)

CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO
DIRECCIÓN NACIONAL DE AUDITORÍA DE TRANSPORTE, VIABILIDAD,
INFRAESTRUCTURA PORTUARIA Y AEROPORTUARIA - DNAS
REAJUSTE DE PRECIOS
SALARIOS MÍNIMOS POR LEY

ENERO A ----- DE 2018

(SALARIOS EN DÓLARES)

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCER	DÉCIMO CUARTO	TRANS- PORTE	AFORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACIÓN BÁSICA UNIFICADA MÍNIMA	386,00								
CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS Y ARQUITECTÓNICOS									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B2									
Peón	396,03	396,03	386,00		577,41	396,03	6.507,84	28,05	3,51
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Albañil	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Operador de equipo liviano	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Pintor	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Pintor de exteriores	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Pintor empapelador	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Fierro	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Carpintero	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Incofrador / Engrasador	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Carpintero de ribera	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Plomero	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Electricista	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Instalador de revestimiento en general	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Ayudante de perforador	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Cadenero	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Mampostero	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Enlucidor	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Hojalatero	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Técnico liniero eléctrico	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Técnico en montaje de subestaciones	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Técnico electromecánico de construcción	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Obrero especializado en la elaboración de prefabricados de hormigón	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
Parqueteros y colocadores de pisos	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1									
Maestro eléctrico/liniero/subestación	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2									
Operador de perforador	424,55	424,55	386,00		618,99	424,55	6.948,62	29,95	3,74
Perifoneo	424,55	424,55	386,00		618,99	424,55	6.948,62	29,95	3,74
Técnico albañilería	424,55	424,55	386,00		618,99	424,55	6.948,62	29,95	3,74
Técnico obras civiles	424,55	424,55	386,00		618,99	424,55	6.948,62	29,95	3,74
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Plomero	401,19	401,19	386,00		584,93	401,19	6.587,57	28,40	3,55
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B3									
Inspector de obra	448,06	448,06	386,00		653,27	448,06	7.312,11	31,52	3,94
Supervisor eléctrico general/ Supervisor sanitario general	448,06	448,06	386,00		653,27	448,06	7.312,11	31,52	3,94
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B1									
Ingeniero Eléctrico / Ingeniero Civil	449,22	449,22	386,00		654,96	449,22	7.330,04	31,60	3,95
Residente de Obra	449,22	449,22	386,00		654,96	449,22	7.330,04	31,60	3,95
LABORATORIO									
Laboratorista 2: experiencia mayor de 7 años(Estr. 0c. C1)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
TOPOGRAFÍA									
Topógrafo 2: título exper. mayor a 5 años(Estr.0c.C1)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
DIBUJANTES									
Dibujante (Estr.0c.C2)	424,55	424,55	386,00		618,99	424,55	6.948,62	29,95	3,74
OPERADORES Y MECÁNICOS DE EQUIPO PESADO Y CAMINERO DE EXCAVACIÓN, CONSTRUCCIÓN, INDUSTRIA Y OBRAS SIMILARES									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (GRUPO I)									
Motoniveladora	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Excavadora	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Grúa puente de elevación	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Pala de castillo	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Grúa estacionaria	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Draga/Dráglie	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Tractor carriles o ruedas @bulldozer, topador, roturador, malacate, trailla)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Tractor tiende tubos (side bone)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Mototrailla	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Retroexcavadora	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Auto -tren cama baja (trayler)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Fresadora de pavimento asfáltico / Rotamill	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Recicladora de pavimento asfáltico / Rotomill	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Planta de emulsión asfáltica	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Máquina para sellos asfálticos	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Squider	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador de Camión articulado con volteo	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador de Camión mezclador para micropavimentos	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador de camión cisterna para cemento y asfalto	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador de perforadora de brazos múltiples (jumbo)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador máquina tuneladora (topo)	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador de concretoera rodante	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador de máquina extendidora de adoquín	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93
Operador de máquina zanjadora	447,29	447,29	386,00		652,16	447,29	7.300,28	31,47	3,93

Nota: El listado corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del Ministerio del Trabajo, en los Acuerdos MDT-2017 - 0195 y MDT-2018-0001, de 27 de diciembre de 2017 y 2 de enero de 2018, respectivamente, que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2018.