



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: “ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN”.

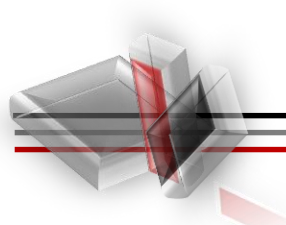
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR: WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD

DIRECTOR: MSc. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

Cuenca – Ecuador

2019



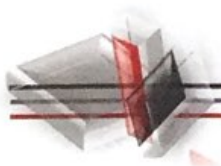
DECLARACIÓN

Yo, **WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD**, autor del trabajo de titulación **HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: “ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN”**; reconozco que el presente trabajo aquí descrito, es de mi autoría y que los resultados obtenidos son auténticos y originales. Las referencias bibliográficas provenientes de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo responsabilidad académica y legal de los contenidos del presente trabajo de titulación.



WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD





CERTIFICACIÓN

Certificó que el presente trabajo fue desarrollado por **WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD**, bajo mi supervisión.

MSc. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

DIRECTOR

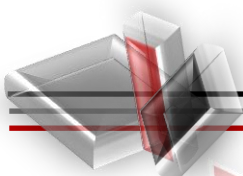


DEDICATORIA

De manera muy especial a dos personas que fueron fundamentales para alcanzar ésta una de mis metas personales más importantes; una de ellas mi abuelita y mamá María Orellana por ser la persona que estuvo siempre conmigo, siendo mi pilar y por brindarme su amor día a día.

También a mi tío Marcelo Vélez por confiar en mí y por convertirse en un padre más; que junto a su familia fueron los que me impulsaron y me ayudaron a seguir luchando para que pueda continuar con mi carrera universitaria.

A mis padres Germán y Nancy que, a pesar de los inconvenientes, me inculcaron buenos valores, me enseñaron a ser un hombre de bien y sobre todo ser una persona perseverante para nunca rendirme frente a los logros que quiero alcanzar en mi vida.



AGRADECIMIENTO

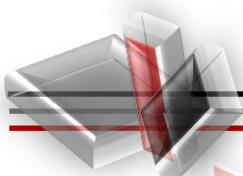
En primer lugar, a Dios por haberme dado sabiduría, fuerza y por levantarme de cada problema, de cada tropiezo, que a más de ser algo negativo en mi vida, ha sido una experiencia para volver con más fuerza y seguir adelante en este arduo camino de crecimiento humano y profesional en este período universitario.

A mi familia, amigos, compañeros y de manera muy grata al Arq. Xavier Vera por su aporte en el desarrollo de este trabajo.

A mi director del proyecto Msc. Arq. Pedro Angumba por su colaboración a lo largo de esta investigación y desarrollo final de mi trabajo de titulación.

Al Ing. Marcos Gonzales y Atanacio Jara, Laboratoristas encargados del Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca; que con sus conocimientos y contribución me ayudaron en este proceso práctico de la investigación.

Por último, a la Universidad Católica de Cuenca y Universidad de Cuenca; instituciones que pudieron facilitar todos los implementos necesarios de sus laboratorios para el desarrollo experimental de la investigación.



RESUMEN

El hormigón translúcido analizado en la presente investigación, consiste en un material alternativo de construcción que en nuestro medio no es conocido; sin embargo, en algunos países existen análisis y empresas que comercializan su aplicación, generando su evolución cada vez más gracias al avance tecnológico con el que cuentan.

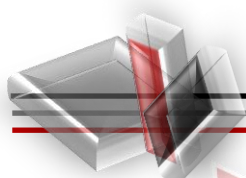
Se plantea la elaboración de paneles con su aplicación en mampostería no portante. La adición de materiales como la fibra óptica y la resina de poliéster al hormigón deben cumplir con parámetros de resistencia y transmisión de luz, característica principal en hormigones translúcidos.

La metodología empleada, fue diseñar un hormigón de $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$; el cuál, con la materia prima seleccionada, se pasa a un proceso de mezclado, con las adiciones antes citadas se vierte el hormigón en moldes normados y diseñados; luego de 24 horas las muestras fueron desencofradas para su posterior curado y ser ensayadas en los días programados según la norma ecuatoriana de la construcción.

Las probetas o muestras conformadas, fueron ensayadas a la compresión, flexión y absorción, para determinar la resistencia tanto del hormigón como de la resina; obteniendo resultados mayores a $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$; por ende, es un material con excelentes características físicas y mecánicas.

Finalmente, para la elaboración de las muestras definitivas, se manejó diferentes porcentajes de los aditivos empleados, proceso experimental que concluyó con cuatro prototipos, de dimensiones de 30 x 30 x 3 cm de espesor; debidamente pulidos y permeabilizados con una capa de resina transparente para su terminado y no interrumpir la transmitancia lumínica.

PALABRAS CLAVES: HORMIGÓN TRANSLÚCIDO, RESINA POLIÉSTER, FIBRA ÓPTICA, PANELES TRANSLÚCIDO, MAMPOSTERÍA NO PORTANTE, TRANSMITANCIA LUMÍNICA.



ABSTRACT

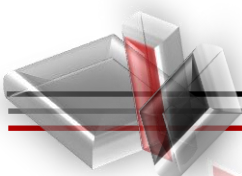
The translucent concrete analyzed in the present research consists of an alternative construction material that in our society is not well known. Nevertheless, in some countries there are analyzes and companies that market this application, encouraging its evolution with a great impact thanks to the technological advance they have.

The development of panels with its application in non-load bearing masonry is proposed. The addition of materials such as optic fiber and polyester resin to concrete must comply with resistance parameters and light transmission as main feature in translucent concretes. With regard to the methodology, it was necessary to design a concrete of $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$; which then with the raw material selected was passed to a missing process.

With the previous additions the concrete is poured into standardized and designed molds. After 24 hours the samples were stripped for subsequent curing and tested on scheduled days according to the Ecuadorian construction standard. The specimens or shaped samples were tested for compression, bending and absorption with the aim of determining the strength of both the concrete and the resin which allowed to obtain results greater than $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$; therefore, a material with excellent physical and mechanical characteristics.

Finally, for the elaboration of the definitive samples different percentages of the used additives were applied, this experimental process ended using four prototypes with dimensions of 30 x 30 x 3 cm of thickness which were polished and permeabilized properly with a layers of transparent resin for finishing and not interrupting the light transmittance.

KEY WORDS: TRANSLUCENT CONCRETE, POLYESTER RESIN, OPTICAL FIBER, TRANSLUCENT PANELS, NON-LOAD BEARING MASONRY, LUMINOUS TRANSMITTANCE.

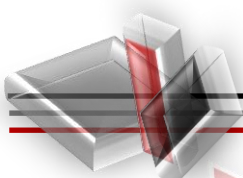


ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción	I
Formulación del Problema	II
Delimitación del Poblema	II
Justificación.....	III
Objetivos	IV
▪ Objetivo General	IV
▪ Objetivos Específicos	IV
Hipótesis	IV
Metodología.....	V

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

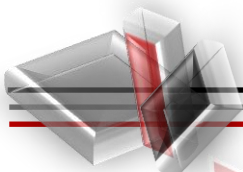
1.1 Reseña Histórica del Hormigón Translúcido	1
1.2 Tipos de Hormigón Translúcido.....	2
1.2.1 Litracon	3
1.2.2 Luccon	4
1.2.3 Concreto Translúcido (S.L.R) Manual	5
1.2.4 Paneles I-Light.....	6
1.3 Características de los Tipos de Hormigón Translúcido.....	7
1.4 Posibles Materiales que Pueden Otorgar la Característica de Translucidez al Hormigón	8
1.4.1 Fibra de Vidrio	8
1.4.2 Fibras Ópticas de Plástico (Pof)	12
1.4.3 Fibras de Nylon.....	12
1.4.4 Fluorita.....	13
1.4.5 Cuarzo	13
1.4.6 Aditivo Ilum.....	14
1.4.7 Resinas Epoxi (Ep)	14
1.4.8 Metil de Metacrilato.....	15
1.5 Síntesis del Hormigón Tradicional como Material de Construcción	16



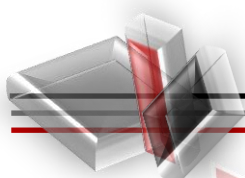
1.5.1	Materia Prima para la Elaboración de un Hormigón Tradicional.....	16
1.5.1.1	Cemento	16
1.5.1.2	Agregados	17
1.5.1.3	Agua	17
1.6	Conceptos Generales de la Óptica	18
1.6.1	Reflexión	18
1.6.2	Absorción	19
1.6.3	Transmitancia	19
1.6.4	Transmitancia Óptica.....	20
1.6.5	Como usar el Luxometro	21
1.7	Normas a Recurrir	22
1.6.1	Áridos y Cemento	22
1.6.2	Muestreo del Hormigón	23
1.6.3	Elaboración de Probetas.....	23
1.6.4	Curado del Hormigón	23
1.6.5	Ensayo a la Compresión	23
1.6.6	Ensayo a la Flexión.....	23
1.6.7	Ensayo de Absorción de Agua	24
1.6.8	Ensayo de Transmisibilidad.....	24
1.7	Conclusiones	24

CAPÍTULO 2. FASE TEÓRICA - EXPERIMENTAL

2.1	Elaboración del Prototipo de hormigón Translúcido	26
2.2	Cemento y Adiciones Utilizadas para la Experimentación	27
2.2.1	Cemento	27
2.2.2	Resina Poliéster Transparente Sintapol	27
2.2.3	Fibra Óptica Plástica	30
2.3	Descripción del Proceso de Elaboración del Hormigón.....	34
2.4	Preparación de la Materia Prima	35
2.4.1	Grava.....	35
2.4.1.1	Cálculo Granulométrico de la Grava	35

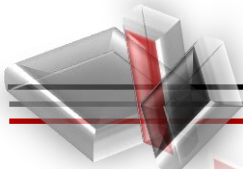


2.4.1.2	Peso Específico de la Grava	37
2.4.1.3	Peso Volumétrico de la Grava.....	38
2.4.2	Arena.....	40
2.4.2.1	Cálculo Granulométrico de la Arena.....	40
2.4.2.2	Peso Específico de la Arena	42
2.4.2.3	Peso Volumétrico de la Arena.....	43
2.5	Diseño del Hormigón	44
2.6	Elaboración de Probetas Cilíndricas de Hormigón Tradicional.....	45
2.7	Cálculo De Materiales para la Elaboración de Probetas Cúbicas de Resina Poliéster.....	48
2.8	Elaboración de Probetas Cilíndricas de Hormigón + Fibra de Vidrio	50
2.9	Elaboración de Muestras de Hormigón Adicionando Resina Poliéster	55
2.9.1	Cálculo de Dosificación del Hormigón	56
2.9.2	Cálculo de Materiales para Elaborar una Dosificación de Hormigón (80%) con la Adición de Resina (20%)	58
2.9.3	Cálculo de Materiales para Elaborar una Dosificación de Hormigón (60%) con la Adición de Resina (40%)	60
2.9.4	Cálculo de Materiales para Elaborar una Dosificación de Hormigón (40%) con la Adición de Resina (60%)	62
2.9.5	Cálculo de Materiales para Elaborar una Dosificación de Hormigón (10%) con la Adición De Resina (90%)	65
2.9.6	Cálculo de Materiales para Elaborar una Dosificación de Hormigón (5%) con la Adición de Resina (95%)	67
2.9.7	Cálculo de Materiales para Elaborar una Dosificación de Hormigón (1%) con la Adición de Resina (99%)	69
2.9.8	Muestra Final de 30 x 30 x 3 cm: Hormigón (1%) + Resina (99%).....	73
2.10	Elaboración de Muestras de Hormigón Adicionando Fibra Óptica.....	77
2.10.1	Muestra de 30 x 15 x 3 cm: Hormigón (97.5%) + Fibra Óptica (2.5%).....	77
2.10.2	Muestra Final de 30 x 30 x 3 cm: Hormigón (97.5%) + Fibra Óptica (2.5%).....	80
2.10.3	Muestra Final de 30 x 30 x 3 cm: Hormigón (91.75%) + Fibra Óptica (8.25%)....	85
2.10.4	Propuesta de Prototipo	89

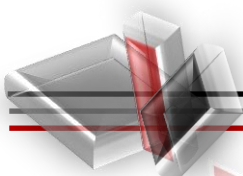


CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1	Ensayos a la Compresión.....	93
3.1.1	Probetas Cilíndricas de Hormigón Tradicional.....	93
3.1.1.1	Rotura de Probetas Cilíndrica de Hormigón (Método De Fuller)	93
3.1.1.2	Rotura de Probetas Cilíndrica de Hormigón (Método Gráfico)	95
3.1.2	Rotura de Probetas Cúbicas de Resina Poliéster.....	96
3.1.3	Rotura de Probetas Cilíndricas de Hormigón + Fibra de Vidrio.....	98
3.1.4	Rotura de Probetas Cúbicas de Hormigón + Resina Poliéster	100
3.1.5	Elección del Hormigón a Trabajar	102
3.2	Ensayos a la Flexión.....	103
3.2.1	Muestras de 30 x 15 x 3 cm Dosificación: Hormigón (97.5%) + Fibra Óptica (2,5%).....	104
3.2.2	Muestras de 30 x 15 x 3 cm Dosificación: Hormigón (1 %) + Resina (99%)	106
3.3	Ensayos de Absorción de Agua.....	108
3.3.1	Muestras de 30 x 15 x 3 cm Dosificación: Hormigón (97.5%) + Fibra Óptica (2,5%).....	108
3.3.2	Muestras de 30 x 15 x 3 cm Dosificación: Hormigón (1 %) + Resina (99%)	110
3.4	Ensayos de Transmitancia Lumínica.....	112
3.4.1	Toma de Medidas de las Muestras en Lux.....	112
3.4.2	Medición de las Muestras con una Fuente de Luz Natural	113
3.4.3	Medición de las Muestras con una Fuente de Luz Artificial	115
3.4.4	Características del Equipo Utilizado para la Medición de Luz.....	118
3.5	Precios Unitarios	120
3.5.1	Materiales para la Elaboración de Hormigón.....	120
3.5.2	Fibra Óptica.....	120
3.5.3	Vidrio Líquido (Resina)	121
3.5.4	Resina Poliéster.....	121
3.5.5	Análisis de Precios para la Elaboración de las Muestras Finales Obtenidas en la Experimentación de un Hormigón Translúcido	122
3.6	Comparación Entre las Muestras Finales Obtenidas en la Experimentación de Laboratorio	126



3.6.1	Ventajas de las Muestras Obtenidas	127
3.6.2	Desventajas de las Muestras Obtenidas	128
3.7	Conclusiones	129
3.8	Recomendaciones	132
3.9	Bibliografía.....	133
3.10	Anexos.....	137
3.10.1	Análisis Granulométrico de la Arena.....	137
3.10.2	Análisis Granulométrico de la Grava.....	138
3.10.3	Gravedad Específica de la Arena	139
3.10.4	Gravedad Específica de la Grava	140
3.10.5	Masa Unitaria de la Grava	141
3.10.6	Masa Unitaria de la Arena	142
3.10.7	Diseño de Hormigones por el Método de Fuller y Thompson	143
3.10.8	Ensayo de Compresión de los Cubos de Resina Poliéster	144
3.10.9	Ensayo de Compresión de los Cilindros de Hormigón Método de Fuller	145
3.10.10	Ensayo de Compresión de los Cilindros de Hormigón Método Gráfico	146
3.10.11	Ensayo de Compresión de los Cilindros de Hormigón + Fibra de Vidrio.....	147
3.10.12	Ensayo de Compresión de los Cubos de Hormigón (60%) + Resina (40%)	148
3.10.13	Ensayo de Flexión de las Muestras de Hormigón + Resina Poliéster.....	149
3.10.14	Ensayo de Flexión de las Muestras de Hormigón + Fibra Óptica	150
3.10.15	Ensayo de Absorción de las Muestras de Hormigón + Resina Poliéster	151
3.10.16	Ensayo de Absorción de las Muestras de Hormigón + Fibra Óptica sin Capa de Resina para el Acabado.....	152
3.10.17	Ensayo de Absorción de las Muestras de Hormigón + Fibra Óptica con Capa de Resina para el Acabado.....	153
3.10.18	Ensayo de Absorción de las Muestras Finales con Capa de Resina para el Acabado	154



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muro de Hormigón Tranlúcido LITRACON	4
Figura 2. Muro de Hormigón Tranlúcido LUCCON	5
Figura 3. Bloque de Concreto Tranlúcido Manual (Ilum)	6
Figura 4. Panel de Concreto Tranlúcido I.Light.....	6
Figura 5. Bushing con Doble Plato Base y Salida del Vidrio Fundido de las Boquillas	9
Figura 6. Aletas de Enfriamiento de las Fibras Obtenidas	9
Figura 7. Reflexión de la luz	18
Figura 8. Absorción de la luz	19
Figura 9. Transmisión Directa de luz	19
Figura 10. Transmisión Difusa de luz	20
Figura 11. Transmisión Selectiva de luz	20
Figura 12. Digital Luxómetro PCE 172.....	21
Figura 13. Saco de Cemento Tolteca 25 kg	27
Figura 14. Comercial Pintulac en Cuenca, Dirección: Av. España 7-104 y Sevilla (Aeropuerto)	28
Figura 15. Materiales para la Preparación de Resina 1) Resina Poliéster 2) Estireno 3) MECK Peróxido 4) Cobalto	30
Figura 16. Máquina de Corte de Precisión para Cable de Fibra Óptica	31
Figura 17. Diámetros de Fibra Óptica Desde 2mm Hasta 10mm	31
Figura 18. Fibra Óptica Plástica (Diámetro de 6mm).....	32
Figura 19. Transmisión de luz - Fibra Óptica Adquirida	33
Figura 20. Fibra Óptica Cortada y Cubierta con Cinta Masking.....	33
Figura 21. Molde Cilíndrico para Concreto (100 x 200mm)	34
Figura 22. Procedimiento para el Cálculo Granulométrico de la Grava.....	36
Figura 23. Procedimiento para el Peso Específico de la Grava.....	37
Figura 24. Procedimiento para el Peso Volumétrico (Grava Suelta)	38
Figura 25. Procedimiento para el Peso Volumétrico (Grava Compactada)	39
Figura 26. Procedimiento para el Cálculo Granulométrico de la Arena.....	41
Figura 27. Procedimiento para el Peso Específico de la Arena.....	43
Figura 28. Procedimiento Para el Peso Volumétrico (Arena Suelta)	44
Figura 29. Procedimiento Para la Elaboración de Probetas Cilíndricas de Hormigón	47
Figura 30. Probeta Cúbica de Cobre con Resina de Poliéster	48



Figura 31. Cubos de Resina Poliéster Desencofrados.....	50
Figura 32. Desmembramiento y Pesado de la Fibra de Vidrio	52
Figura 33. Masa obtenida de la Mezcla de Hormigón + Fibra de Vidrio.....	55
Figura 34. Diseño Desarmable de Probeta.....	65
Figura 35. Probeta obtenida de la dosificación H°(10%) y R (90%)	66
Figura 36. División del Molde para H°(5%) y R (95%)	67
Figura 37. Probeta obtenida de la dosificación H°(5%) y R (95%)	68
Figura 38. Diseño de Probeta de 30 x 15 x 3 cm	69-77
Figura 39. Procedimiento Para la Elaboración de la Muestra de Resina + Hormigón	73
Figura 40. Diseño de Probeta de 30 x 30 x 3 cm	74
Figura 41. Alisado de la Superficie Superior de la Muestra	79
Figura 42. Desencofrado y Pulido de la Muestra.....	79
Figura 43. Curado de la Muestra	80
Figura 44. Malla y Diseño de la Muestra (Fibra Óptica)	81
Figura 45. Trazado de Puntos Donde se va a Colocar la Fibra Óptica.....	81
Figura 46. Colocado de la Fibra Óptica en la Base de Vidrio.....	82
Figura 47. Mezclado del Hormigón.....	83
Figura 48. Muestra Alisada con Llana (Poros de Fibra Óptica Cubiertos)	83
Figura 49. Pulido de la Muestra	84
Figura 50. Desencofrado de la Muestra	84
Figura 51. Aplicación de Resina para el Terminado de la Muestra	84
Figura 52. Malla y Diseño de la Muestra (Fibra Óptica)	85
Figura 53. Trazado de Puntos Donde se va a Colocar la Fibra Óptica.....	86
Figura 54. Elaboración de Circunferencias de Fibra Óptica	86
Figura 55. Colocado de la Fibra Óptica en la Base de Vidrio.....	86
Figura 56. Mezclado del Hormigón.....	87
Figura 57. Vertido del Hormigón en el Molde con Fibra Óptica	88
Figura 58. Muestra Alisada con Llana (Poros de Fibra Óptica Cubiertos)	88
Figura 59. Desencofrado de la Muestra	89
Figura 60. Muestra Terminada	89
Figura 61. Diseño - Forma de la Muestra Propuesta.....	90
Figura 62. Procedimiento Para la Elaboración de la Muestra Propuesta.....	92
Figura 63. Ensayo a la Compresión de las Probetas Cilíndricas de Hormigón- Método de Fuller.....	94
Figura 64. Ensayo a la Compresión de las Probetas Cilíndricas de Hormigón - Método Gráfico.....	95

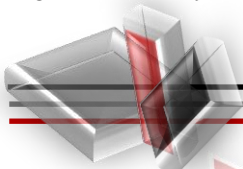


Figura 65. Rotura del Cubo # 3 de Resina Poliéster	97
Figura 66. Probetas Cilíndricas de Hormigón + Fibra de Vidrio (Método de Fuller)	98
Figura 67. Probetas con las Dosificaciones de Hormigón + Resina.....	101
Figura 68. Rotura Probeta #4 de Hormigón (60%) + Resina (40%)	102
Figura 69. Vista en Planta y Frontal - Ubicación de los apoyos en la placa	104
Figura 70. Probetas de Hormigón + Fibra Óptica	104
Figura 71. Proceso de Ensayo a la Flexión de Probetas - Hormigón + Fibra Óptica	105
Figura 72. Proceso de Ensayo a la Flexión de Probetas - Hormigón + Resina	107
Figura 73. Peso Seco y Humedo – Probeta # 3 de Hormigón + Fibra Óptica (Sin Recubrimiento)	108
Figura 74. Peso Muestra Seca y Sumergida – Probeta # 3 de Hormigón + Fibra Óptica (Con Recubrimiento)	109
Figura 75. Peso Muestra Seca y Sumergida – Probeta # 3 de Hormigón (1%) + Resina (99%)	110
Figura 76. Muestras Finales Sumergidas previo al Ensayo de Absorción.....	111
Figura 77. Medición de luz Incidente y luz Transmitida de la Muestra N°2 [Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%) con Fuente de luz Natural]	114
Figura 78. Transmisión Lumínica de Muestras Expuesta a la luz Natural.....	115
Figura 79. Medición de luz Incidente y luz Transmitida de la Muestra N°2 [Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%) con una Fuente de luz Artificial]	117
Figura 80. Proyección de haz de luz en la Cara Incidente y Transmisión de luz en la Cara Opuesta de la Muestra N°2 [Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%) con una Fuente de luz Artificial]	117
Figura 81. Transmisión de luz en la Cara Opuesta de la Muestra N°1 [Hormigón (97,5%) + Fibra Óptica (2,5%) con una Fuente de luz Artificial]	118
Figura 82. Proyección de haz de luz en la Cara Incidente y Transmisión de luz en la Cara Opuesta de la Muestra N°4 [Propuesta de Prototipo con una Fuente de luz Artificial]	118
Figura 83. Luxómetro 5 in 1 multimeter EM5510	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Países Exportadores de Hormigón Translúcido	3
Tabla 2. Características de los tipos de Hormigón Translúcido	7
Tabla 3. Tipos de Fibras de Vidrio.....	9
Tabla 4. Propiedades Mecánicas de la Fibra de Vidrio en Estado Puro.....	11
Tabla 5. Tipos de Cemento Portland	17
Tabla 6. Análisis Granulométrico de la Arena	42
Tabla 7. Dosificación (1m ³) de Hormigón (Método de Fuller)	44

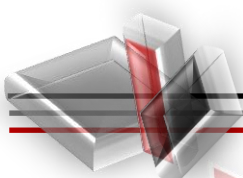


Tabla 8. Dosificación (1m ³) de Hormigón (Método Gráfico)	44
Tabla 9. Dosificación de Hormigón Cilindro Ø=10cm Y H=20cm (Método de Fuller)	45
Tabla 10. Dosificación de Hormigón Cilindro Ø=10cm Y H=20cm (Método Gráfico)	45
Tabla 11. Dosificación Preliminar de Hormigón Cilindro Ø=10cm Y H=20cm (Método de Fuller)	I 52
Tabla 12. Dosificación Preliminar de Hormigón Cilindro Ø=10cm Y H=20cm (Hormigón + Fibra De Vidrio)	53
Tabla 13. Dosificación Final de Hormigón Cilindro Ø=10cm Y H=20cm (Hormigón + Fibra De Vidrio)	54
Tabla 14. Dosificación Preliminar 1m ³ de Hormigón - (Método De Fuller)	56
Tabla 15. Dosificación Preliminar para un Hormigón de 0.00044m ³ - (Método De Fuller).	57
Tabla 16. Dosificación Final para un Hormigón de 0.00044m ³ - (Método De Fuller).	58
Tabla 17. Dosificación Final 0.00044m ³ - (Cubos de Hormigón + Resina).	64
Tabla 18. Dosificación Final: 0.0002 m ³ - (Hormigón).	65
Tabla 19. Dosificación Final: 0.0002 m ³ - (Hormigón 10% + Resina 90%).....	66
Tabla 20. Dosificación Final: 0.00005 m ³ - (Hormigón 5% + Resina 95%).....	67
Tabla 21. Dosificación Final: 0.0001 m ³ - (Hormigón 5% + Resina 95%).....	68
Tabla 22. Dosificación Preliminar: 0.00045 m ³ - (Hormigón 100%)	69
Tabla 23. Dosificación Preliminar: 0.00045 m ³ - (Hormigón 100%)	71
Tabla 24. Dosificación Final: 0.00045 m ³ - (Hormigón 1%).....	71
Tabla 25. Dosificación Final: 0.00045 m ³ - (Hormigón 1% + Resina 99%).....	72
Tabla 26. Dosificación Preliminar: 0.0009 m ³ - (Hormigón 100%)	74
Tabla 27. Dosificación Preliminar: 0.0009 m ³ - (Hormigón 100%)	75
Tabla 28. Dosificación Final: 0.0009 m ³ - (Hormigón 1%).....	76
Tabla 29. Dosificación Final: 0.0009 m ³ - (Hormigón 1% + Resina 99%).....	77
Tabla 30. Dosificación: 0.0015 m ³ - (Hormigón)	78
Tabla 31. Dosificación: 0.0030 m ³ - (Hormigón)	82
Tabla 32. Dosificación: 0.0030 m ³ - (Hormigón)	87
Tabla 33. Dosificación: 0.0021 m ³ - (Hormigón)	90
Tabla 34. Dosificación Final: 0.0009 m ³ - (Resina)	91
Tabla 35. Ensayo a la Compresión de los Cilindros Elaborados por el Método de Fuller.	94
Tabla 36. Ensayo a la Compresión de los Cilindros Elaborados por el Método Gráfico.....	96
Tabla 37. Ensayo a la Compresión de Cubos Elaborados con Resina Poliéster.	97

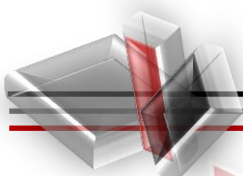
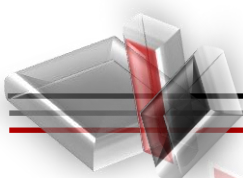


Tabla 38. Ensayo a la Compresión de Cilindros Elaborados con Hormigón + Fibra De Vidrio (Método De Fuller)	99
Tabla 39. Ensayo a la Compresión de Cubos Elaborados con Hormigón (60%) + Resina (40%)	101
Tabla 40. Resumen de Resistencia Promedio del Hormigón en los Ensayos de Compresión.	102
Tabla 41. Ensayo a la Flexión de las Muestras de Hormigón + Fibra Óptica.....	106
Tabla 42. Ensayo a la Flexión de las Muestras de Hormigón + Resina Poliéster.....	107
Tabla 43. Método por Inmersión (Placas de Hormigón + Fibra Óptica sin Capa de Resina para el Acabado).	109
Tabla 44. Método por Inmersión (Placas de Hormigón + Fibra Óptica con Capa de Resina para el Acabado).	110
Tabla 45. Muestras de Hormigón (1%) + Resina (99%) Ensayadas por el Método de Inmersión.	111
Tabla 46. Método por Inmersión (Placas Finales con Capa de Resina Para su Terminado).	112
Tabla 47. Datos Obtenidos de la Medición de Lux con una Fuente de Luz Natural.	113
Tabla 48. Datos Obtenidos de la Medición de Lux con una Fuente de Luz Artificial a una Distancia de 15 cm.	115
Tabla 49. Precio de Materiales para la Elaboración de Hormigón.	120
Tabla 50. Precio de la Fibra Óptica Plástica.	120
Tabla 51. Precio del Vidrio Líquido (Resina).	121
Tabla 52. Precio de los Componentes para la Preparación de Resina Poliéster.	121
Tabla 53. Análisis de Precios para la Elaboración de la Placa de Hormigón (97,5%) + Fibra Óptica (2,5%).	122
Tabla 54. Análisis de Precios para la Elaboración de la Placa De Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%).	123
Tabla 55. Análisis de Precios para la Elaboración de la Placa de Hormigón / Resina (Propuesta).	124
Tabla 56. Análisis de Precios para la Elaboración de la Placa de Hormigón (1%) + Resina (99%).	125
Tabla 57. Comparación de los Tipos de Hormigón Translúcido Obtenidos.	126



HORMIGÓN TRANSLÚCIDO:

“ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN”.

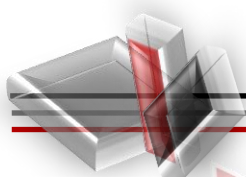
I. INTRODUCCIÓN

El hormigón como material de construcción es uno de los más importantes, se lo ha utilizado desde siglos anteriores y en cada uno de ellos su uso creció desmesuradamente; tal es su influencia que en la actualidad se lo emplea en gran porcentaje en la construcción de edificaciones, sus ventajas incluyen la existencia abundante de materia prima y la simpleza de su proceso.

Continuamente se han creado otros tipos de hormigones, diferenciándose en sus propiedades y características. Su elaboración se basa en la mezcla de materiales como: piedras de una determinada granulometría, cemento, arena y agua; además se lo puede obtener de manera comercial o simplemente se lo puede realizar in situ.

Por otra parte, existe un aditivo llamado ILUM (Es un material polimérico para producir concreto que permite el paso de la luz a través de él) Sosa & Galván, (2005). Según investigadores, se dice que el aditivo ilum es el más efectivo en cuanto a transparencia se trata, además que le brinda al hormigón mayor resistencia, superando tres veces al hormigón tradicional. También se puede utilizar como materia prima, fibras ópticas para que el hormigón gane translucidez y así disponer de la transmisión de luz solar o artificial de acuerdo al lugar donde se ha diseñado su colocación.

La metodología a emplear es una investigación aplicada, donde se profundizará todos los aspectos conceptuales necesarios para el desarrollo teórico y consecutivamente pasar a la parte práctica donde se seleccionará la materia prima necesaria y se analizarán la fibra óptica plástica como la resina poliéster, dos componentes para la translucidez del hormigón. Se elaborarán prototipos de hormigón a pequeña escala, con fines experimentales y para concluir se determinan los resultados obtenidos de acuerdo a las prácticas realizadas.



II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo abarca una investigación que tiene como objeto dar a conocer un material alternativo de construcción tanto para muros exteriores como interiores; como es el caso del hormigón translúcido, que a diferencia del hormigón común, cuando recibe los rayos del sol deja pasar la luz hacia el interior de una vivienda. Ante el desconocimiento que existe en nuestro medio sobre otros materiales, el campo de la construcción se encuentra muy limitada, y en una vivienda se ven los materiales de siempre llamados tradicionales; según esto se busca profundizar el conocimiento sobre el tema, dando a conocer al hormigón translúcido como material alternativo, cambiando nuestra forma de ver al tradicional.

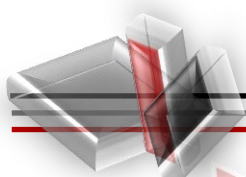
Uno de los problemas o desventajas que podemos encontrar con este tipo de hormigón translúcido ante un hormigón o mampostería tradicional; es que es un material sostenible, pudiéndose utilizar para su fabricación material reciclado. También gracias a su propiedad de translucidez se puede ahorrar el consumo eléctrico y calefacción artificial puesto que brinda el paso de la luz y el calor hacia el interior de una vivienda, y por último al hablar de los acabados de construcción en muros, arquitectónicamente su acabado es muy estético y no necesita el uso de una gran cantidad de materiales para cubrir estos, como por ejemplo enlucidos, recubrimientos, pintura, etc.

III. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Se plantea hacer un análisis de la fibra óptica plástica y resina poliéster para divisar las características de translucidez que pueden generar en el hormigón. A partir de esto, se desarrollará toda la parte de investigación teórica que nos permita conocer de mejor manera el material alternativo como el hormigón translúcido, que no es muy destacado en nuestro país.

En la parte práctica se va a seleccionar la materia prima y la mezcla obtenida, se colocarán en probetas según la norma INEN y diseñadas según la necesidad.

Posteriormente se hará un análisis comparativo de la translucidez del hormigón según la cantidad de luz que proyectará, esto dependerá básicamente del porcentaje de fibra óptica o resina que utilicemos para generar dicha característica al hormigón; se realizará pruebas de compresión, flexión y absorción donde se sumergirán los bloques de hormigón en agua y se medirá su peso antes y después de ser sumergido, teniendo en cuenta las Normas Ecuatorianas de la Construcción.



Finalmente se analizarán los resultados obtenidos de las diferentes pruebas realizadas a los bloques para poder dar las respectivas conclusiones y recomendaciones en cuanto al trabajo realizado.

IV. JUSTIFICACIÓN

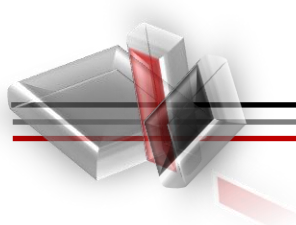
El presente trabajo de titulación está enfocado a una investigación que tiene como propósito generar y proporcionar información sobre un hormigón translúcido y hacer un análisis experimental de la fibra óptica plástica y resina poliéster, dos componentes utilizados para dar esa característica de translucidez al hormigón. Sabiendo que la información existente es mínima, se establecerán parámetros para que en siguientes investigaciones pueda ser utilizado.

El hormigón translúcido es un material que todavía sigue en investigación y a pesar de haber sido inventado años atrás, es un elemento que aún no se lo conoce de forma muy exhaustiva dentro del mercado de nuestro país.

Se plantea dicha investigación desde el punto de vista que el hormigón translúcido puede ser una alternativa constructiva muy novedosa e innovadora; donde esta opción se convierta en una solución a considerarse por los profesionales del ámbito de la construcción en futuros diseños, cambiando lo tradicional por un material posiblemente más aceptado por los usuarios.

La utilización del hormigón translúcido versus los materiales tradicionales, para montaje de muros de una vivienda, se justifica con su agradable aspecto estético que permite crear una arquitectura diferente, además que no necesita ningún tipo de acabado en su superficie. Su aplicación en viviendas y en edificios ecológicos es ideal, pues al facilitar el paso de la luz y el calor, se puede generar ahorro en iluminación y calefacción artificial.

Se elaborarán prototipos con la materia prima adecuada (cemento, grava, arena y agua) y los aditivos que aportarán con el paso lumínico en el hormigón, haciendo un análisis comparativo en laboratorio entre la fibra óptica y resina poliéster, diferenciando cuál de los dos materiales tiene mejor característica de translucidez, dejando claro que el presente trabajo será una práctica experimental.



V. OBJETIVOS

❖ GENERAL

Analizar la fibra óptica y resina poliéster, que son dos materiales existentes en nuestro medio que se pueden implementar para la elaboración de un hormigón translúcido.

❖ ESPECÍFICOS

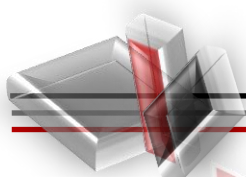
- Investigar la bibliografía pertinente sobre el hormigón translúcido y los componentes que se van a utilizar como materia prima para su elaboración y que darán la transmisión de luz a este tipo de hormigón.
- Elaborar muestras de hormigón translúcido, donde se utilizará fibra óptica y resina poliéster como componentes para aportar con el paso de la luz en el hormigón, dejando evidente que será una experimentación empírica en relación al material original.
- Analizar los resultados de los prototipos obtenidos a partir de la utilización de fibra óptica y resina poliéster, para ofrecer la transmitancia de luz al hormigón.

VI. HIPÓTESIS

Los bloques de hormigón translúcido pueden ser elaborados con plástico, vidrio, fibras ópticas, cuarzo, fluorita, etc.; y como un material innovador, convertirse en una alternativa en los sistemas de construcción para mamposterías de una edificación, brindando una contribución al medio ambiente.

VII. METODOLOGÍA

Lo que se pretende es realizar un análisis minucioso de lo que es un hormigón translúcido, conocer la materia prima que se necesita, cuál es su proceso de elaboración y por último analizar la fibra óptica y resina poliéster como materiales para brindar el paso de luz en las muestras, transformándolo así en un hormigón translúcido.



Una vez estudiada la materia prima, se procederá a elaborar muestras a escala reducida para ver cuáles son las características que va obteniendo el hormigón translúcido durante su proceso hasta encontrar su mayor efectividad.

Para esto se tratarán algunas fases que serán descritas a continuación:

CAPÍTULO 1

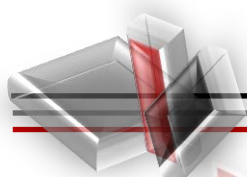
- **Revisión Bibliográfica:** El Estado del Arte se basará en la recolección de información mediante documentos físicos y virtuales (libros, artículos científicos, linkografía, etc.); que luego estará sujeta a un período de procesamiento y análisis de todos los datos obtenidos en relación al tema.

CAPÍTULO 2

- **Fase teórica - Experimental:** Se realizará un análisis comparativo entre la fibra óptica y resina poliéster para verificar cual tiene mejor característica de translucidez, también se hizo un análisis de los resultados obtenidos, y por último, tomando todos los conceptos e información procesada anteriormente, se aplicará las pruebas o diseños de experimentos con la materia prima seleccionada para su elaboración, se determinará la dosificación adecuada, que una vez mezclada será colocada en probetas formando pequeñas placas para su fraguado y visualizar su porcentaje de transparencia. (Laboratorio)

CAPÍTULO 3

- **Análisis de resultados:** En esta fase se dará a conocer todos los resultados del material obtenido en las pruebas y ensayos realizados en la fase experimental.
- **Conclusiones y Recomendaciones:** Se formulan las conclusiones de la investigación teórica como de los resultados experimentales y se darán las respectivas recomendaciones que pueden ser de gran apoyo en futuras investigaciones sobre el tema.



CAPÍTULO 1

ESTADO DEL ARTE

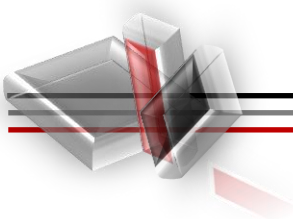
El hormigón translúcido no es más que un concreto convencional pero que a diferencia de éste, permite el paso de la luz, de allí su término translúcido; para lograr aquello se pueden utilizar diferentes materias primas como: plásticos, vidrio picado, fibras ópticas, fibras de vidrio, resinas, piedras como el cuarzo, la fluorita, entre otros; pero también existe un aditivo llamado **ILUM** que es un componente esencial para la elaboración de concreto translúcido.

Por otra parte, Arquitectos, Ingenieros y Diseñadores, siempre están buscando nuevas tendencias en el mundo de la construcción; con la invención del hormigón translúcido especialmente en la Arquitectura, la disponibilidad del material nos permite crear nuevas formas, texturas y colores logrando efectos impresionantes en obras arquitectónicas.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO

La idea de crear un tipo de cementante que a diferencia del hormigón tradicional deje pasar la luz o llamado translúcido, inicia hace 17 años, percepción que nace con la primera tentativa conformada por vidrio picado y plástico, fue desarrollado en 1999 por Bill Price, un arquitecto estadounidense quien, para llevar adelante dicha invención, modeló una maqueta de un teatro y empezó a proyectar su idea. Más adelante tuvo algunos inconvenientes que lo pusieron a dudar en si iba a lograr o no darle las características de translucidez a este material (Anónimo, 2013).

Con estos antecedentes, en el año 2001 retoma el proyecto Aaron Losonczi, de nacionalidad húngara, el mencionado arquitecto cambió la materia prima y en lugar de vidrios y plástico, utilizó fibras ópticas impregnadas en el hormigón y con lo cual logró darle la cualidad de la transmisión de luz que era lo que se quería conseguir, con todo esto consecutivamente formó su compañía llamada LiTraCon Bt., donde ofreció su producto a manera de bloques en diferentes dimensiones y debidamente autorizado en el año 2004 (Valambhiya, Tuvar y Rayjada, 2017).



En el mismo año, el arquitecto Will Wittig, también docente de la Universidad Estadounidense Detroit Mercy, estaba experimentando con una combinación a base de resinas para elaborar un concreto translúcido.

Más adelante en el año 2005, Joel Sosa Gutiérrez y Sergio Galván Cáceres, dos estudiantes de ingeniería civil con nacionalidad mexicana, realizaron un hormigón translúcido con las mismas características del tradicional, pero además de cemento blanco, agua, agregados gruesos y finos también emplearon fibras y lo más importante un aditivo que inventaron llamado ILUM, el cual le brindaba la translucidez al hormigón en un porcentaje mayor que cualquier otro componente antes mencionado (Martinez, 2011).

En el 2006, Heidelberg Cement A.G. una empresa alemana, por medio del Arquitecto y Diseñador Juergen Frei, quien fue el que lo desarrolló; ofrece al mercado LUCCON, que es un hormigón con líneas de luz, esto logrado por la utilización de fibras ópticas gruesas, pero en menor cantidad que el LiTraCon (HeidelbergCement, 2010).

Posteriormente, gracias al desarrollo tecnológico que produjeron los jóvenes estudiantes de México y a la buena acogida que tuvieron internacionalmente, les permitió formar la empresa Concretos Translúcidos S.L.R., donde comercializan los bloques prefabricados de concreto translúcido o por separado fundas de su aditivo ILUM para agregar a la mezcla si cualquier usuario lo desea (Martinez, 2011).

De esta manera en la actualidad, el hormigón translúcido se ha utilizado en muchas obras arquitectónicas y solo existen 4 países que expenden este tipo de material que para muchos resulta muy innovador.

1.2 TIPOS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO

La clasificación mostrada a continuación sobre el hormigón translúcido, es establecida en base al número de empresas que fabrican este tipo de material, ya que no existe variedad en cuanto a formas o características, que distingan de manera representativa dicho material.

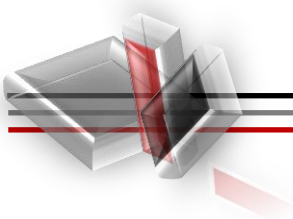


Tabla 1.

Países Exportadores de Hormigón Translúcido

PAÍS	EMPRESA	PRODUCTO
Hungría	LiTraCon Bt.	Bloques y Paneles (Litracon)
Austria	Lucon Lichtbeton GmbH	Concreto Lucon
México	Concretos Translúcidos S.L.R.	Concreto translúcido prefabricado y el Aditivo Ilum
Italia	Italcementi Group	Paneles (I-light)

Fuente: Elaboración Propia

1.2.1 LITRACON

LiTraCon (Hormigón Transmisor de Luz), fue un proyecto desarrollado por el Arquitecto Aaron Losonczy, patentado en Hungría, con sede en la ciudad de Csongrád. Son bloques prefabricados, donde se utiliza hormigón fino y fibras ópticas con diámetros desde 2 micrones hasta 2 milímetros. Las fibras son colocadas reticularmente; es decir formando una especie de tejido que crea un cristal fino en el interior de los bloques, que será mezclado con el hormigón tradicional y al exterior se puede visualizar pequeños puntos que dejarán pasar la luz desde una cara a otra de la mampostería creando una serie de efectos sugestivos para el ojo humano.

Una mampostería realizada con el hormigón LiTraCon tiene la misma resistencia o mayor a la de un hormigón tradicional, pero no es considerado aun como hormigón estructural, aunque si se podría construir estructuras de carga, ya que las fibras no producen efectos perjudiciales en la alta resistencia y durabilidad que tiene el hormigón frente a la compresión, comparándolo con un hormigón convencional (Litracon, 2017).

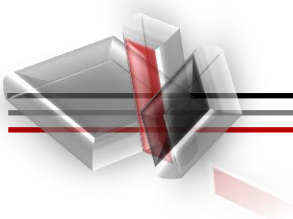




Figura 1. Muro de Hormigón Tranlúcido LITRACON

Fuente: (Litracon, 2013). Recuperado de <http://www.litracon.hu/en>

1.2.2 LUCCON

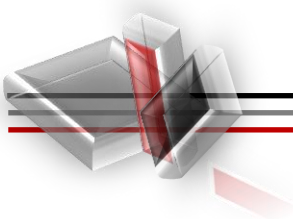
Luccon es patentado en Alemania y su compañía llamada Luccon Lichtbeton GmbH con sede en Austria; es un material prefabricado con hormigón de alta densidad formado por: arena de cuarzo, cemento, agua, aditivos y fibra óptica (Luccon, 2017). En cuanto a propiedades es muy parecido a la marca LiTraCon, la diferencia es que Luccon con la cooperación de la empresa alemana Heidelberg Cement A.G., decidió emplear fibras mucho más gruesas y en menor cantidad; que son colocadas de forma encadenada y producen líneas de luz en el producto final pero también la empresa ofrece un cambio en el patrón de las líneas rectas a onduladas, proporcionando así diferentes efectos.

LUCCON por su parte agrega a su hormigón un aislante térmico a manera de panel sándwich a la mitad del bloque, para permitir su uso en perímetros de elementos estructurales; además se lo puede utilizar desde baños hasta escaleras, bares y discotecas, tiene muchas aplicaciones comerciales y residenciales.

La fuente de luz es la del día o la luz artificial. Cuando la luz del día no está disponible, se utilizan fuentes de luz artificial (Luccon, 2017).

Las fuentes de luz artificial son:

- LEDs con o sin control de color (RGB)
- LEDs en cintas autoadhesivas.



- LEDs vertidos sobre paneles (repelente al agua).
- Tubos de neón
- Focos halógenos
- Luz convencional, por ej. Bombillas



Figura 2. Muro de Hormigón Translúcido LUCCON

Fuente: (Luccon, s.f). Recuperado de <http://www.luccon.com/>

1.2.3 CONCRETO TRANSLÚCIDO (S.L.R) MANUAL

Concretos Translúcidos S.L.R., según su catálogo comercial indica que su fabricación es similar a la del hormigón habitual. Para ello se emplea cemento blanco, agregados finos, agregados gruesos, fibras de vidrio, agua y su aditivo distintivo Ilum.

Los áridos utilizados en su formulación fueron: sílice, pero también se pueden utilizar otros como fluorita y arenas. Se utiliza dietilentriamina (DETA) como endurecedor, que para su uso debe ser deshidratada con anterioridad en tamices moleculares.

Este hormigón es mucho más resistente y menos pesado que el convencional, incluso gracias a las propiedades de su aditivo Ilum, el porcentaje de resistencia y transmisión de luz a través del bloque es superior al concreto que fabrican las otras empresas competidoras. El aditivo Ilum permite hasta un 70% el paso de la luz y es translúcida hasta un espesor de 2m. (Barbarán, s.f).

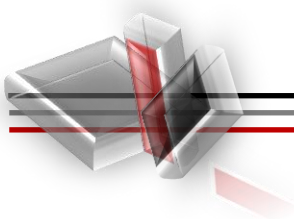




Figura 3. Bloque de Concreto Translúcido Manual (Ilum).

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <http://www.sitioarquitectura.com>.

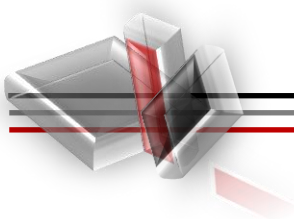
1.2.4 PANELES I-LIGHT

Italcementi Group, es una empresa italiana que ofrece al mercado un panel de hormigón prefabricado realizado con una mezcla de mortero y resinas especiales. Este proyecto fue sacado adelante para satisfacer las características de diseño del arquitecto Giampaolo Imbrighi en las paredes exteriores del Pabellón italiano en la World Expo 2010 de Shangai, las paredes internas todas fueron hechas de cemento tradicional. En cada panel hay unos 50 diminutos agujeros aproximadamente, lo que le da un 20 por ciento de transparencia; no sólo es capaz de transmitir la luz natural y artificial, sino que también hace que los ojos humanos puedan ver imágenes y objetos colocados detrás del panel (I.Light, 2014).



Figura 4. Panel de Concreto Translúcido I.Light

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <http://www.publiditec.com>

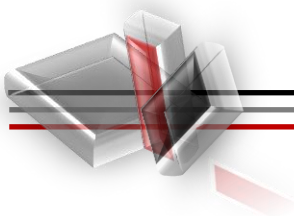


1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO

Tabla 2.

Características de los tipos de hormigón translúcido.

	LITRACON	LUCCON	CONCRETO TRANSLÚCIDO PREFABRICADO (ILUM)	PANELES I- LIGHT
EMPRESA	LiTraCon Bt. (Hungria)	Heidelberg Cement A.G. (Alemania)	Concretos Translúcidos S.L.R. (México)	Italcementi Group (Italia)
MATERIA PRIMA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hormigón tradicional (96%) ▪ Fibras Ópticas (4%) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hormigón tradicional ▪ Fibras Ópticas (menor cantidad que la del LiTraCon pero más gruesas) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cemento Blanco ▪ Fibras de Vidrio ▪ Sílice ▪ Pigmentos ▪ Aditivo Ilum 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mortero tradicional ▪ Resinas ▪ Fibras de Acero Inoxidable (dureza y buena resistencia a la fisuración) ▪ Pigmentos
MATERIAL PARA LA TRANSLUCIDEZ	Hilos de vidrio o plástico de un diámetro entre 2 micras y 2mm	Fibras Ópticas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hasta un máximo de 300.000 fibras/m² ▪ Diámetro 0,4 – 0,7 mm 	Aditivo Ilum	Resinas Especiales (tratadas para evitar efectos negativos de la radiación UV, para que la transparencia no cambie con el tiempo)
FORMATOS DISPONIBLES	-Longitud máxima: 120 cm -Ancho máximo: 40 cm -Espesor: 2.5 - 20 cm, dependiendo del tamaño de la pieza	-Longitud: 150cm - 200 cm -Ancho máximo: 100 cm -Espesor: 2-3 cm, dependiendo del tamaño de la pieza -Es posible fabricar piezas curvas.	Su pasta se puede acoplar a grandes volúmenes y gracias a su gran resistencia se pueden hacer bloques más reducidos en su espesor.	-Longitud máxima: 100 cm -Ancho máximo: 50 cm -Espesor: 5 cm -Es posible fabricar piezas curvas.
PROPIEDADES FÍSICAS	-Resistencia a la compresión: 250 - 900 Kg/cm ² -Resistencia a cortante: 71 Kg/cm ²	-Resistencia a la compresión: >1000 Kg/cm ² -Resistencia a la flexión: >100 Kg/cm ² -Densidad aparente: 2300 a 2400 kg/m ³	-Resistencia a la compresión: 2500 - 4500 Kg/cm ² -Densidad aparente: 1900 a 2100 kg/m ³	-La superficie transparente máxima equivale al 20% y se obtiene mediante polímeros especiales con un valor de



	-Densidad aparente: 2100 a 2400 kg/m ³	-Resistente a las heladas -Resistencia al fuego -Alta resistencia UV -Granulación: 0.50mm a 2.0mm	-Valor de transmisión de la luz superior al 70%.	transmisión de la luz superior al 70%. -Peso Neto: 50 kg
SUPERFICIES DISPONIBLES	Pulido	-Pulido - -Flameado - -Bruñido - -Quemado - -Cepillado - -Satinado	Pulido	Pulido
COLORES DISPONIBLES	Colores estándar: -Gris hormigón, -Blanco -Negro	Colores estándar: Gris hormigón, blanco y negro Otros colores disponibles bajo pedido	Colores: Cualquier color disponible bajo pedido	Colores estándar: Gris hormigón Otros colores disponibles bajo pedido

Fuente: Elaboración Propia.

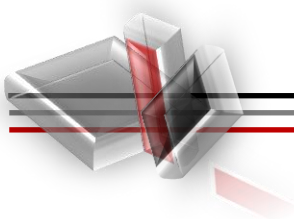
Nota: Información recuperada de páginas web de las empresas.

1.4 POSIBLES MATERIALES QUE PUEDEN OTORGAR LA CARACTERÍSTICA DE TRANSLUCIDEZ AL HORMIGÓN

En relación a la investigación realizada, se han podido encontrar una serie de materiales que pueden otorgar al hormigón las características de translucidez, los cuales serán descritos a continuación y de aquel grupo saldrán los materiales que serán utilizados en la fase de experimentación.

1.4.1 FIBRA DE VIDRIO

Es un material que consiste de varios hilos de vidrio considerablemente finos; que se obtienen a través de un proceso industrial que consiste en utilizar un cabezal con boquillas diminutas llamado “Bushing”, corta el vidrio extruido en estado líquido que es fundido a 1250°C y después son enfriadas al pasar por las aletas de enfriamiento que permite solidificar las fibras.



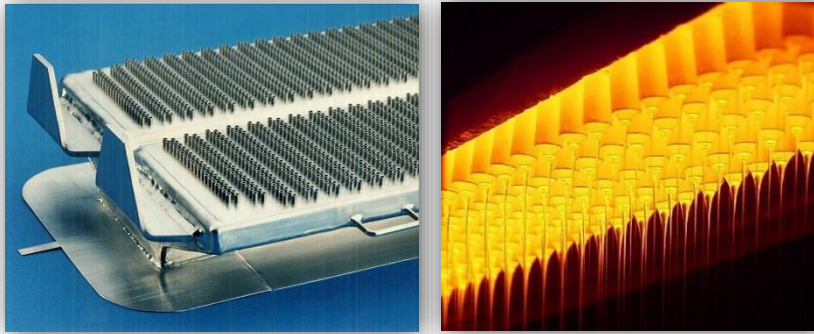


Figura 5. Bushing con Doble Plato Base y Salida del Vidrio Fundido de las Boquillas.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>.

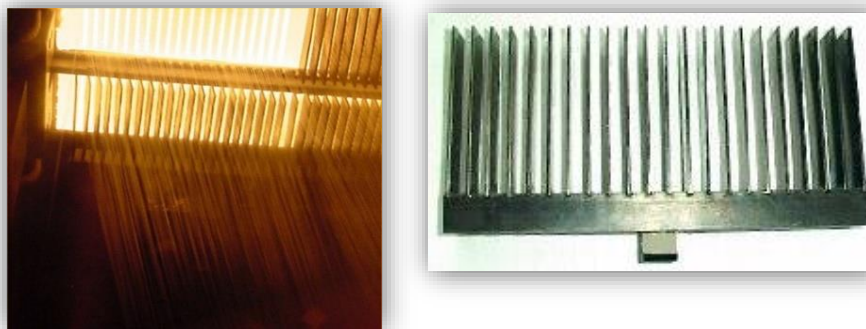


Figura 6. Aletas de Enfriamiento de las Fibras Obtenidas.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>.

TIPOS DE FIBRAS DE VIDRIO

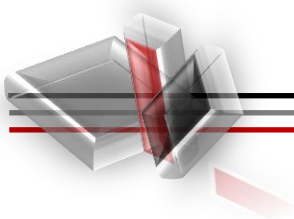
Existen algunos tipos de fibra, entre ellos el más utilizado es el de tipo E (Eléctrico), además del tipo A (Alcalino), C (Corrosivo), D (Dieléctricos), R (Resistente), S (Alta Resistencia).

En la siguiente tabla se mostrarán los tipos de fibra que tienen uso dentro de la construcción.

Tabla 3.

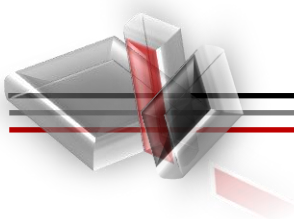
Tipos de Fibra de Vidrio

	FIBRAS TIPO E	FIBRAS TIPO A	FIBRAS TIPO C
COMPOSICIÓN	Fibra inorgánica compuesta de 53-54% SiO ₂ , 14-15.5% Al ₂ O ₃ , 20-24% CaO, MgO y	La fibra de vidrio tipo A es una fibra de alto contenido en óxido de zirconio.	La fibra de vidrio tipo C es una fibra inorgánica compuesta de un 60-72% SiO ₂ , 9-



	6.5-9% B ₂ O ₃ , y escaso contenido en álcalis.		17% CaO, MgO y 0.5-7% B ₂ O ₃ .)
PESO	El vidrio tipo E tiene un peso específico de 2.6 g/cm ³	Tiene un peso específico de 2.68 - 2.7g/cm ³	Tiene un peso específico de 2.5 g/cm ³ .
PROPIEDADES MECÁNICAS	-Fuerza a la tracción (MPa): 3400 -Elongación hasta rotura (%): 4.5	-Fuerza a la tracción (MPa): 3.000 – 3.500 -Elongación hasta rotura (%): 4.3	-Fuerza a la tracción (MPa): 3100 -Elongación hasta rotura (%): 4
PROPIEDADES TÉRMICAS	-Conductividad Térmica (W/m.K): 1 -Resistencia termomecánica: 100% después de 100 h a 200°C		-Resistencia a la compresión: 2500 - 4500 Kg/cm ² -Densidad aparente: 1900 a 2100 kg/m
PROPIEDADES QUÍMICAS	-Absorción de humedad a 20°C -Resistencia a los disolventes: alta -Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta -Resistencia a microorganismos: alta	-Absorción de humedad a 20 -Resistencia a los disolventes: alta -Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta -Resistencia a microorganismos: alta	-Absorción de humedad a 20°C -Resistencia a los disolventes: alta -Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta -Resistencia a microorganismos: alta
APLICACIONES	-Tejidos para decoración en locales públicos -Aislante	-Se utiliza como fibra de refuerzo en morteros a base de cemento -Sustitución de amianto en tejados -Paneles de fachadas -Piezas de recubrimiento y de decoración	-Se utiliza para productos donde se necesite una alta resistencia química -Para torres de refrigeración -Material para techos, tanques de agua, tinas de baño, tubería, barcos.

Fuente: Elaboración Propia. Información recuperada de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>



PROPIEDADES DE LA FIBRA DE VIDRIO

- **TÉRMICAS:** Los bloques hechos con este material atrapan aire entre ellos, lo que hace que este material sea un buen aislante térmico, con conductividad térmica del orden de 0,05 W/ (m·K)
- **MECÁNICAS**

Tabla 4.

Propiedades Mecánicas de la Fibra de Vidrio en estado puro.

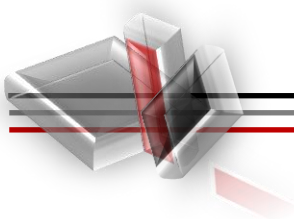
Tipo de Fibra	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la compresión (MPa)	Densidad (g/cm ³)	Temperatura de ablandamiento (°C)
Vidrio E	3445	1080	2.58	846
Vidrio S	4890	1600	2.46	1056

Fuente: Elaboración Propia. Información recuperada de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>.

- Mejora la resistencia a la compresión y al desgaste.
- Gran maleabilidad.
- Mejora la resistencia a la fricción en alta y baja temperatura.
- Altamente resistente a la tracción.
- Excelente estabilidad química, excepto fuertes álcalis y ácido fluorhídrico, es decir inerte a muchas sustancias incluyendo los ácidos.
- Tiene excelentes propiedades eléctricas.

FUNCIÓN EN EL CONCRETO TRANSLÚCIDO

Las fibras de vidrio utilizadas en la formación de este concreto, básicamente son un fino hilo de vidrio que guía la luz. Los tipos de fibras utilizadas son fibras monomodo, es decir, en su estado



puro y sin recubrimientos cuya finalidad es la de hacer que transcurra más fácilmente la luz a través del concreto.

1.4.2 FIBRAS ÓPTICAS DE PLÁSTICO (POF)

Este tipo de fibras se fabrican con un material polímero tanto en el núcleo como en la cubierta. Su composición está dada por Poliestireno (PS), Policarbonatos (PC) y Polimetil Metacrilato (PMMA).

FUNCIÓN EN EL CONCRETO TRANSLÚCIDO: La fibra de plástico tiene cierta translucidez gracias al Metacrilato utilizado en su composición y puede guiar la luz en el concreto; además mejora su resistencia mecánica a la compresión.

1.4.3 FIBRAS DE NYLON

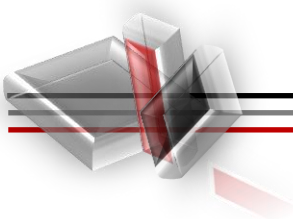
Es un polímero artificial, que comúnmente se lo encuentra como una fibra textil elástica y resistente para la fabricación de tejidos, medias y telas de punto.

Para su elaboración, las fibras son sometidas a extrusión, texturizado e hilado en frío hasta alcanzar 4 veces su longitud original, lo cual aumenta su cristalinidad, resistencia y tracción.

Los hilos de fibra de nylon cuentan con ciertas propiedades que son:

- Resistencia química al contener alcoholes, cetonas e hidrocarburos aromáticos.
- Su viscosidad de fundido es muy baja, lo cual puede acarrear dificultades en la transformación industrial y su exposición a la intemperie puede causar una fragilización y un cambio de color salvo si hay estabilización o protección previa.
- Para el incremento de su rigidez se le puede agregar fibra de vidrio.
- Es muy resistente por ser un polímero cristalino, y además se le da un tiempo para que se constituya y se enfríe lentamente.
- El nylon es soluble en fenol, cresol y ácido fórmico; su punto de fusión es de 263 °C.

FUNCIÓN EN EL CONCRETO TRANSLÚCIDO: La fibra de nylon son finos filamentos que pueden guiar la luz de acuerdo a la posición de su colocación en el concreto; además mejora su resistencia mecánica a la compresión.



1.4.4 FLUORITA

La composición de la fluorita se da con la unión de dos elementos que son el flúor (48.7%) y el calcio (51.3%), que fusionados presentan una buena cualidad de translucidez (Hurbult y otros, 1992). Los cristales puros de fluorita son transparentes, toman color por la forma en que interactúa la luz con los elementos químicos que contiene, los colores pueden ser lila, violeta, verde, amarillo, anaranjados, rosa y azul.

La capacidad de absorción de luz del agregado influye en la transmitancia. Materiales más opacos transmiten menos luz. La fluorita es un material menos opaco que la arena de fuente silícea, a su vez, vidrio transparente transmite más luz que la fluorita (Prado, 1954).

Gracias a las características que posee la fluorita no tiene ninguna reacción perjudicial o de inestabilidad a la hora de mezclarse con el cemento ya que en su estado puro carece de sílices, arcillas o sulfatos que pueden dañar el material (Fernandez, 2007).

La densidad teórica de la fluorita está alrededor de 3.16 g/cm³, similar a la del cemento (Hurbult et al., 1992).

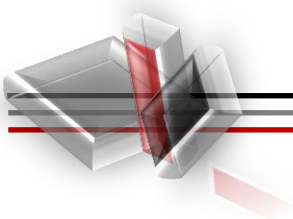
FUNCIÓN EN EL CONCRETO TRANSLÚCIDO: La fluorita es usada como un aditivo debido a su dureza, aumenta la capacidad de resistencia del concreto translúcido, gracias a su color transparente ayuda a que el paso de la luz sea más accesible, la fluorita puede resistir el ataque de las sales, esto sería una contribución más a la formación del concreto translúcido.

1.4.5 CUARZO

Su composición es dióxido de silicio (SiO₂), está presente en muchas rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, por lo que tras el feldespato es el mineral con más presencia en la corteza terrestre. Tiene un color blanco o transparente pero también puede presentar variación en cuanto a su color y puede ser negro, rojizo o rosa (Cuarzo - Propiedades, s.f).

Posee una gran capacidad de resistencia ante el ataque de sales. Su dureza es de 7 en la escala de Mohs y su densidad es de 2.65 g/cm³.

FUNCIÓN EN EL CONCRETO TRANSLÚCIDO: Gracias al color transparente que presenta el cuarzo puede ayudar al paso de la luz en este tipo de hormigones; además puede ser un



reemplazante de las gravas, por su alta dureza puede aumentar la resistencia del hormigón translúcido.

1.4.6 ADITIVO ILUM

Es un aditivo cuya fórmula no se la conoce hasta el día de hoy, por lo tanto, es únicamente producido por sus creadores. Una de las características de este aditivo es que le da al hormigón mejores propiedades mecánicas, puede llegar a tener una resistencia de 4500 kg/cm² (15 veces más aproximadamente que un hormigón común), tiene nula absorción de agua, su peso es 30% inferior al tradicional y la más importante en este tipo de hormigones, la translucidez, otorga hasta un 80% de transparencia, siendo el material más eficaz de todos a la hora de hablar de porcentajes de transmisión de luz en un hormigón translúcido (Barbarán, s.f).

1.4.7 RESINAS EPOXI (EP)

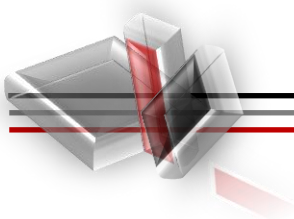
Las resinas epoxi (EP) son un polímero termoestable que endurece al mezclarse con un agente catalizador y se usan para preparar los PM. Con el empleo de estas resinas, existe gran cantidad de formulaciones con extraordinarias características tanto en estado puro como con diferentes cargas o en PM (Bataller, 2011).

Inicialmente son de color transparente, pero terminan coloreadas de tonos claros. Son de gran uso ya que presentan elevadas resistencias mecánicas, buena tenacidad, gran dureza e importantes resistencias al impacto y a la abrasión.

Tienen un elevado coste en comparación con otras resinas, pero también presentan excelentes propiedades. Presentan mayor seguridad al ser poco inflamables y más tenaces debido a la gran capacidad de alargamiento (Bataller, 2011).

Las principales propiedades de los Morteros Polímeros realizados a base de resinas epoxi son las descritas a continuación:

- Excelentes propiedades del compuesto en general.
- Baja retracción durante el curado.
- Buen comportamiento a temperaturas elevadas, hasta 180 °C.
- Buena resistencia y estabilidad ante los agentes químicos y disolventes.
- Muy buenas propiedades eléctricas.



- Buena adhesión a casi todas las fibras.
- Largo tiempo de curado.
- Coste relativamente alto.

FUNCIÓN EN EL CONCRETO TRANSLÚCIDO: La resina epoxi al ser totalmente transparente presenta una excelente transmitancia lumínica por lo que también es utilizada en este tipo de hormigones.

1.4.8 METIL DE METACRILATO

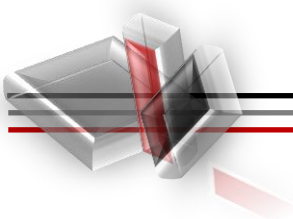
El metacrilato de metilo (MMA) es un compuesto químico cuya fórmula es $C_5H_8O_2$. Cuando el monómero de metacrilato de metilo se polimeriza, da lugar al polimetacrilato de metilo (PMMA), que es un plástico amorfo. A temperatura ambiente se presenta como un líquido incoloro, tiene un olor afrutado, es de aspecto similar al agua, es tóxico e inflamable.

Este material es el acrílico más importante. Debido a las características de resistencia al impacto y transparencia que presenta, es un buen sustituto del vidrio. Es utilizado en cristaleras, lentes de contacto, fibras ópticas, reflectores, etc. (Bataller, 2011).

Los Morteros Polímeros realizados con las resinas de Metacrilato de Metilo (MMA) presentan las siguientes propiedades:

- Tienen buena resistencia a la intemperie.
- Son transparentes con brillo superficial elevado.
- Pueden tener el color deseado quedando transparentes u opacos.
- Son duros y rígidos, pero frágiles. Buena resistencia a la tracción, compresión y flexión.
- Poca deformación (a excepción de la compresión).
- Buena resistencia al rayado.
- Se pueden pulir las superficies cortadas.
- Puede alcanzar una temperatura máxima de 70 °C; en tipos especiales (caloríficos) puede llegar hasta 100°C.
- Buena resistencia a la luz, envejecimiento e intemperie.

FUNCIÓN EN EL CONCRETO TRANSLÚCIDO: EL Metil de Metacrilato ya fue utilizado para desarrollar el concreto translúcido manual por los dos jóvenes mexicanos Joel Sosa Gutiérrez



y Sergio Omar Galván Cáceres, quienes concluyeron que a pesar de que su componente principal era el Ilum, el Metal de Metacrilato si aporta en las características de translucidez de un hormigón.

1.5 SÍNTESIS DEL HORMIGÓN TRADICIONAL COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

El Hormigón es la mezcla homogénea de un material aglutinante (cemento), un material de relleno (áridos), agua y aditivos, que tiene la propiedad de endurecerse en un cierto tiempo formando una piedra artificial que puede soportar grandes esfuerzos de compresión (Sanchez, 2001).

En cambio, los bloques de hormigón tradicional son elementos modulares normalmente de forma rectangular que se los utilizan para levantar mamposterías externas e internas de una edificación, fundiciones de losas y otras estructuras; en la actualidad son un importante material de construcción siendo de los más usados en las obras de albañilería.

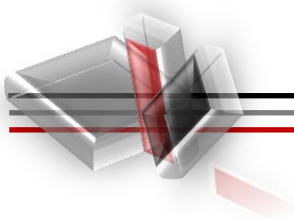
1.5.1 MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE UN HORMIGÓN TRADICIONAL

Cualquiera que sea el tipo de bloque de hormigón, su elaboración es básicamente la misma; con una mezcla de agua, cemento, agregados finos y gruesos.

1.5.1.1 CEMENTO

Es un material aglomerante con capacidades de adherencia y cohesión para unir fragmentos de minerales entre sí para formar un material compacto (Rodríguez, 2011). El más utilizado para la elaboración de estos bloques es el Cemento Portland de TIPO I (5000 PSI). El cemento debe cumplir con la norma NTE INEN 152 o 490 según los requerimientos.

Densidad: El cemento portland tiene una densidad que oscila entre 2.90 y 3.20 gr/cm³, dependiendo de la cantidad y densidad del material puzolánico que se adicione; esto no indica la calidad del mismo. La resistencia del cemento radica en su finura, mientras más fino sea mayor será la cantidad de material que tome contacto con el agua y se hidrate, haciendo que el hormigón obtenga mayor resistencia (Rivera, 2013).



En el mercado hay algunos tipos de cemento portland que serán descritos en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Tipos de Cemento Portland.

TIPO	EMPLEO USUAL
I	Cemento Común, que no requiere de características especiales como: protección de temperaturas, sulfatos o cloruros.
II	Se modifica con una resistencia moderada a los sulfatos o al calor de hidratación, este cemento obtiene la misma resistencia que la del TIPO I, pero con más lentitud.
III	Recomendado cuando se desea una alta resistencia inicial, alcanzada a los 3 días aproximadamente, y a los 7 días tiene la misma resistencia a la compresión del Tipo I y II que la obtienen a los 28 días.
IV	Con bajo calor de hidratación, particularmente para concretos hidráulicos para pavimentos y en hormigones masivos, pero requieren mucho más tiempo de curado.
V	Cuando se desea una alta resistencia a los sulfatos.

Fuente: Elaboración Propia a partir del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

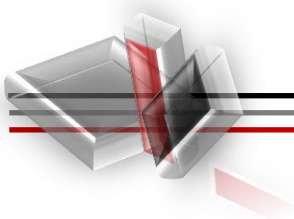
1.5.1.2 AGREGADOS

Los áridos normalmente utilizados son la grava, piedra pómez y arena, pero también se puede emplear otra materia prima como: piedra partida, granulados volcánicos, residuos, etc. Todos estos materiales son sometidos a una clasificación granulométrica mediante tamices con aberturas normadas según el INEN, por los diferentes tamaños de las partículas y también para hacer una limpieza para su durabilidad. La arena es conocida como árido fino y pasa por un tamiz #4, en cambio los áridos gruesos como por ejemplo la grava conocida como ripio en nuestro medio, se utilizan tamices con malla de mayor tamaño dependiendo de los requerimientos.

Los áridos deben regirse a la norma NTE INEN 872.

1.5.1.3 AGUA

El agua que se utilice en la elaboración de hormigón debe ser dulce, limpia, de preferencia potable y libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos,



álcalis, sales y materias orgánicas. El agua para la mezcla debe cumplir con la norma NTE INEN 1-108. El agua cumple dos funciones en el hormigón, permite la hidratación del cemento y hacer la mezcla más manejable, y para este último se necesita una cantidad de agua del 40% de la masa del cemento, teniendo en cuenta que se debe colocar la menor cantidad de agua posible (Sanchez, 1987).

1.6 CONCEPTOS GENERALES DE LA ÓPTICA

La óptica se encarga de estudiar el comportamiento de la luz, la historia cambia radicalmente con Maxwell, que relacionó la luz con las ondas electromagnéticas, dando lugar a la óptica física. La luz visible tiene longitudes de onda (λ) que oscilan entre 400 nm y 700 nm.

Cuando un haz de luz incide sobre un material se presenta uno o tres fenómenos físicos: reflexión, absorción o transmitancia.

1.6.1 REFLEXIÓN: Es la relación que existe entre la intensidad de luz reflejada y luz incidente.

- **Rayo incidente:** Es el rayo de luz que incide en la superficie.
- **Rayo reflejado:** Es el rayo que sale de la superficie.

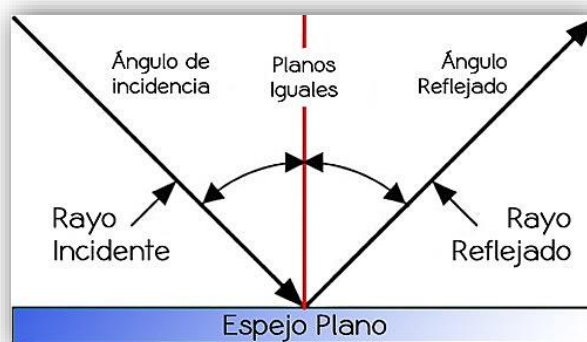
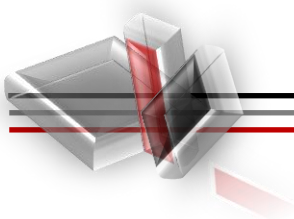


Figura 7. Reflexión de la luz.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <https://fotonostra.com/>.



1.6.2 ABSORCIÓN: Es la capacidad de absorción de luz de un material y reflejarla al otro lado.

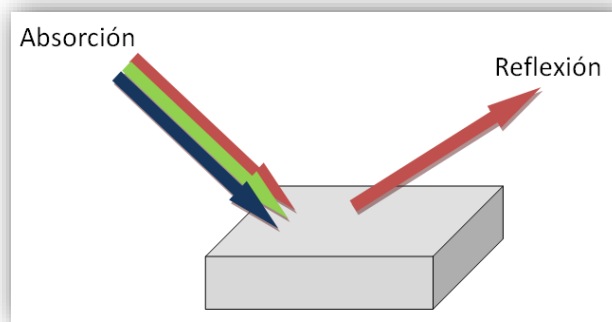


Figura 8. Absorción de la luz.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <https://fotomaniakos.wordpress.com/>.

1.6.3 TRANSMITANCIA: Es la capacidad que tiene la luz para pasar a través de un material o superficie. Dentro de esa propiedad se destacan tres formas de transmisión: directa, difusa y selectiva (fotomaniakos, 2018).

- **Transmisión directa:** Es la que se consigue cuando la luz pasa a través de un material transparente sin verse afectada la cantidad, la calidad ni la dirección de la luz (fotomaniakos, 2018).

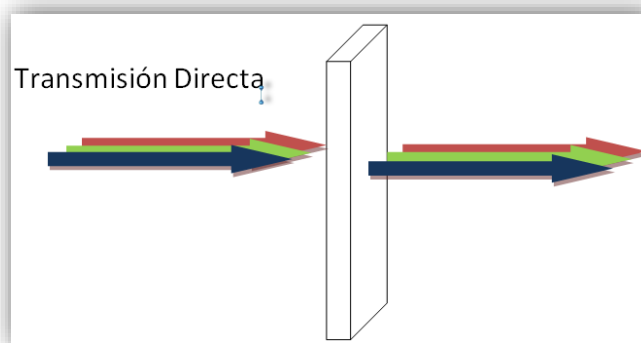
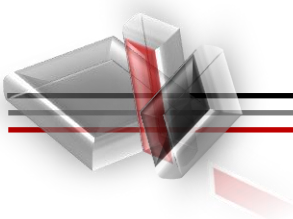


Figura 9. Transmisión Directa de luz.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <https://fotonostra.com/>.

- **Transmisión Difusa:** Cuando los haces de luz pasan a través de una superficie trasluciente u opaca. La luz se reflejará en todas las direcciones y la cantidad de luz si se verá afectada (fotomaniakos, 2018).



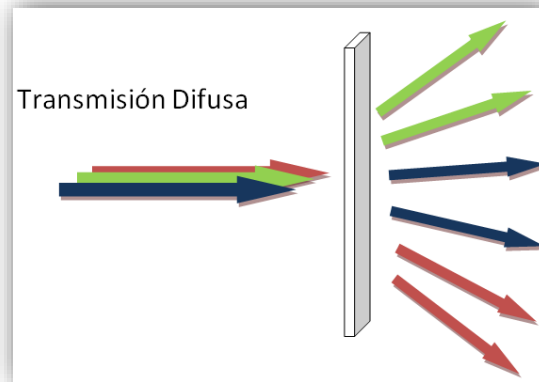


Figura 10. Transmisión Difusa de luz.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <https://fotonostra.com/>.

- **Transmisión Selectiva:** Para obtener este tipo de transmisión se debe hacer uso de filtros, la calidad de luz se modifica de acuerdo a la intención que se tenga. La utilización de filtros puede generar transmisión de los dos tipos anteriormente mencionados y su finalidad es generar una atmosfera determinada. Es muy común utilizarlos en fotografías de moda y producto especialmente (fotomaniakos, 2018).

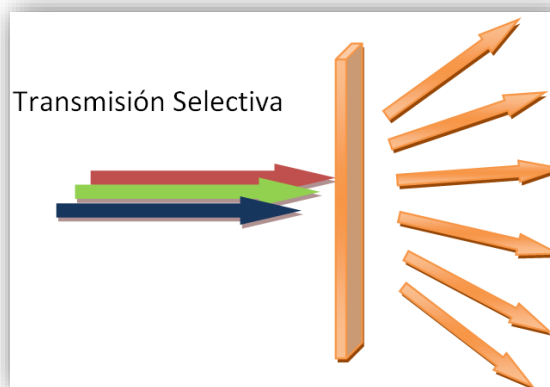
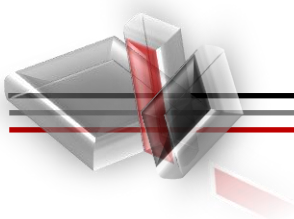


Figura 11. Transmisión Selectiva de luz.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <https://fotonostra.com/>.

1.6.4 TRANSMITANCIA ÓPTICA: Es la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo en una longitud de onda, cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo un porcentaje de esta es absorbida, esta propiedad óptica es llamada absorbancia, otro porcentaje atraviesa este y podemos medir la transmitancia de un cuerpo como la cantidad de luz



que atraviesa el cuerpo sobre la cantidad de luz incidente sobre este el valor total nos mostrará el porcentaje de transmitancia óptica (Química lagua, 2000).

Donde :

$$T\% = \frac{I}{I_0} \times 100$$



I= La cantidad de luz que atraviesa el cuerpo

I₀= Cantidad total de luz incidente.

Para realizar el ensayo de transmitancia lumínica se emplea un luxómetro, que es un dispositivo para medir la iluminación de un ambiente. La unidad de medida es lux (lx), unidad equivalente a un lumen /m². Un **lux** es el equivalente a la energía producida por una fuente de luz, para el ojo humano (Pidre, J. & González, 2015).

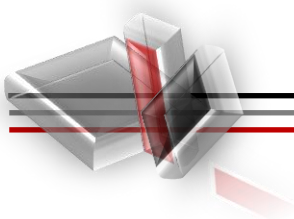


Figura 12. Digital Luxómetro PCE 172.

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <https://tiendaelektron.com/>.

1.6.5 COMO USAR UN LUXÓMETRO

- a) Se debe colocar el fotorreceptor, quien es el que recibe la luz, en frente de la fuente de luz que se quiera medir.



- b) Debemos colocar en el lector del luxómetro, la escala adecuada en función de cuan fuerte o débil es la luz. Por ejemplo si se quiere medir la luz de la luna, deberá ser una escala cerca a 1 lux. En cambio si se quiere medir la luz solar, necesitamos una escala cercana a los 100000 lux.
- c) Una vez que está todo listo, se debe presionar el botón de encendido del lector, esperar unos segundos hasta que la lectura aparezca.
- d) Una vez que aparece la lectura, se multiplica el número por la escala escogida. Ejemplo si elegimos una escala de 100 lux, y la medida fue de 30 el valor es de $30 \cdot 100 = 3000$ lux; por eso es mejor siempre medir a una escala real de 1 lux.

El uso del luxómetro es sencillo, depende de celdas fotovoltaicas y un circuito integrado que al recibir una cierta cantidad de luz, son capaces de transformarlas en electricidad. En función de la intensidad de la electricidad se conoce la cantidad de **lux**.

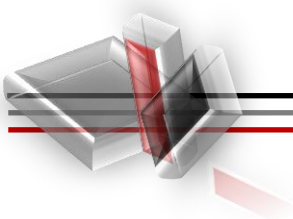
Los luxómetros pueden tener distintas escalas en función de la cantidad de luz que se quiera medir, para tener una precisión mas exacta en caso de que la luminosidad sea mas fuerte o débil (Ramírez, 2018).

1.7 NORMAS A RECURRIR

Para el control de calidad del hormigón se va a regir en los métodos de la NTE INEN existentes y normas ASTM mientras no existas normas técnicas ecuatorianas correspondientes.

1.7.1 ÁRIDOS Y CEMENTO

- NTE INEN 152 Cemento portland, Requisitos
- NTE INEN 154 Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.
- NTE INEN 488 Cemento. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista.
 - NTE INEN 696 (872) Áridos para hormigón. Determinación de la granulometría.
 - NTE INEN 857 Árido grueso para hormigón. Determinación de la densidad y absorción de agua.
- NTE INEN 154 Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas



- NTE INEN 1 108 Agua para la mezcla
- ASTM C 127 o 128 (Determinación de la gravedad específica y la absorción de los agregados). INEN 856 (agregados finos) e INEN 857 (agregados gruesos).
- ASTM C 70 y C 566 (Contenido de humedad de los agregados).

1.7.2 MUESTREO DEL HORMIGÓN

Las muestras de hormigón deben estar de acuerdo con la norma NTE INEN 1763 (ASTM C 172) Norma para Muestrear Hormigón Fresco.

1.7.3 ELABORACIÓN DE PROBETAS

Las probetas para ensayos de resistencia deben prepararse de acuerdo con lo que indica la norma ASTM C 470 (Moldes de colado de cilindros verticales de concreto para ensayo. Especificaciones) NTE INEN 3124 (Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio). ASTM 192 (Práctica normalizada para preparación y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para prueba).

1.7.4 CURADO DEL HORMIGÓN

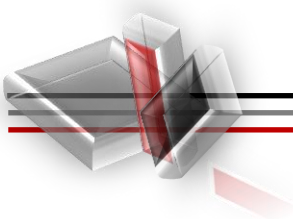
El curado debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN 3124 (ASTM C 511 y ASTM C 330), manteniendo las probetas hasta la fecha de rotura programada. ASTM C 403 (Determinación del tiempo de fraguado).

1.7.5 ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Las probetas cilíndricas deben ensayarse de acuerdo con la norma NTE INEN 1573 (ASTM C 39) Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón.

1.7.6 ENSAYO A LA FLEXIÓN

Para ensayos de resistencia por flexión deben ensayarse de acuerdo con la norma ASTM C 78 y ASTM C 293 (Método de Ensayo de Resistencia a la Flexión Usando Viga Simple con Carga en los Tercios).



1.7.7 ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA.

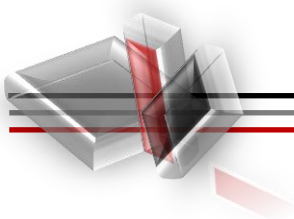
Las muestras se ensayarán de acuerdo a la norma ASTM C642-13.

1.7.8 ENSAYO DE TRANSMISIBILIDAD

Para el ensayo de transmitancia lumínica se emplea un luxómetro. El modelo experimental se presentará mediante 2 fuentes de luz, luz natural al exterior y en el interior con una fuente de luz incandescente. La medición se realizara en 3 o 5 puntos de las muestras; esto indicará el porcentaje de luz que dejará pasar el Hormigón Translúcido a ciertas distancias y que sea visible al ojo humano.

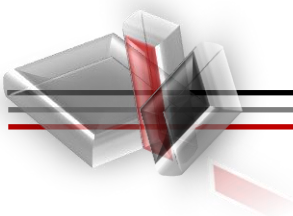
1.8 CONCLUSIONES

- A breves rasgos y según la teoría formada, el hormigón translúcido presenta mejores características que un bloque de hormigón tradicional, tiene mejores propiedades mecánicas, buena impermeabilidad y el plus que es dejar pasar la luz de un lado a otro; aunque una de sus desventajas sea su precio, tiene otras cualidades que con el tiempo puede llegar a ser una buena inversión.
- De los cuatro tipos de hormigón translúcido encontrados, el de los mexicanos Joel Sosa y Sergio Omar Galván con CONCRETO TRANSLÚCIDO (S.L.R) MANUAL es el que presenta mejores características. El hormigón elaborado con la adición de Ilum, a más de translúcido, llega a ser prácticamente transparente, porque además de sombras permite ver mucho más allá (formas y hasta distinguir colores). Por el desconocimiento de la formulación y la complejidad de adquisición del aditivo por ser producido solamente por sus creadores; se descarta su uso para el análisis posterior.
- Con la investigación realizada para formar el estado del arte de un hormigón translúcido, se notó la carencia de información acerca del material, ya que no se revela a ciencia cierta cual es su proceso de fabricación y cantidades de material para la dosificación del mismo, por lo que se hará un diseño de hormigones y tomando en cuenta el proceso de un



hormigón común, de forma experimental se modificaran las cantidades de los materiales a utilizar.

- Culminado el primer capítulo y después de comparar los materiales enumerados en el estado del arte, para lograr cumplir con el tema planteado, se debe analizar dos materiales existentes en nuestro medio que puedan permitir la translucidez del hormigón; se decidió utilizar las fibras ópticas y resinas.
- Por otro lado, se realizarán muestras con fibra de vidrio, para comprobar si aporta en la resistencia y transmisión de luz del hormigón.
- Todas las empresas que elaboran hormigón translúcido utilizan un cemento portland tipo I; por lo tanto, en la práctica de la fase experimental se utilizará el mismo cementante, pero de color blanco.
- Para la mezcla de hormigón se utilizará agregados comunes (ripio y arena), por su facilidad de adquisición.



CAPÍTULO 2

FASE TEÓRICA - EXPERIMENTAL

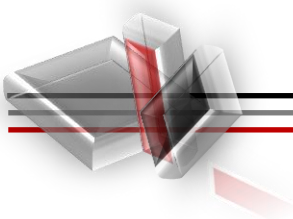
2.1 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO

Para iniciar con la elaboración de los prototipos, de acuerdo a la información recopilada en el capítulo anterior y a un previo análisis, se tomó la decisión de utilizar como aditivos: resina de poliéster, fibra de vidrio y fibra óptica, para verificar cual de las adiciones nombradas otorga mejores características de transmisión de luz; que conjuntamente con la mezcla del hormigón se pretende conformar muestras de concreto translúcido que es el objeto planteado en el presente estudio.

Como siguiente paso, después de hacer las respectivas pruebas de laboratorio con los tres materiales antes mencionados, se escogieron la fibra óptica y la resina, dos materiales como se propuso al inicio de la investigación; descartando la fibra de vidrio puesto que no proporcionó resultados positivos de transmisión lumínica.

El hormigón que se utilizó fue el común, con arena y ripio extraídas de las minas de Santa Isabel, cantón occidental de la provincia del Azuay que se encuentra a 62 km de la ciudad de Cuenca; cambiando nada más el cemento portland gris por un cementante blanco.

Finalmente cabe recalcar que, para realizar los diferentes ensayos de especímenes de hormigón, se utilizaron probetas normalizadas cúbicas (dimensiones: 5x5x5 cm) y cilíndricas (dimensiones: r=10cm y h= 20cm); por otro lado, la preparación de las muestras finales se realizó con moldes de madera, elaborados por cuenta propia, debido a que los moldes con tales características no se tienen a disposición en los laboratorios que se trabajó para la práctica experimental del material de construcción estudiado.



2.2 CEMENTO Y ADICIONES UTILIZADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

2.2.1 CEMENTO

El cemento es un aglomerante que mezclado conjuntamente con los agregados y cierta cantidad de agua forma una masa resistente y compacta, que una vez fraguada se transforma en hormigón (Varas, Álvarez & González, 2007).

Para la elaboración de las probetas, pruebas y muestras finales se utilizó un cemento pórtland blanco de marca Tolteca (exportación mexicana) comercializado en Ecuador por Intaco, tiene las mismas propiedades físicas y usos que el cemento pórtland de color gris, con la diferencia de tiene mayor resistencia a pruebas de compresión.

El cementante a utilizar debe estar de acuerdo con la norma INEN 152 y ASTM C150; el aglomerante debe cumplir con los requisitos de especificación estándar para cementos pórtland tipo I, dado que su elaboración se rige según las normas mencionadas.

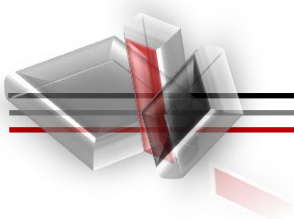


Figura 13. Saco de Cemento Tolteca 25 kg

Fuente: Recuperado de <http://www.petrolivos.com.ar/tolteca.htm>

2.2.2 RESINA POLIÉSTER TRANSPARENTE SINTAPOL

En el primer capítulo, dentro de los materiales que pueden otorgar características de translucidez en un hormigón se habló del uso de la resina epoxi, por ser un producto muy costoso



se tomó la decisión de emplear una resina poliéster que, a pesar de tener diferentes características, puede ser utilizada en la experimentación de laboratorio.

La resina poliéster se la puede conseguir en presentaciones desde 1 kilo hasta tambores de 225 kg de peso neto. El producto esta disponible en Pintulac, una empresa que comercializa y da asesoramiento técnico en productos afines a la construcción, la industria y el hogar como: pinturas, revestimientos, ferretería, herramientas, químicos y maquinarias; cuentan con tres locales en la ciudad de Cuenca.

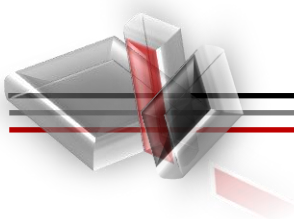


Figura 14. Comercial Pintulac en Cuenca, Dirección: Av. España 7-104 y Sevilla (Aeropuerto).

Fuente: Recuperado de <https://www.pintulac.com.ec/puntos-de-venta>.

CARACTERÍSTICAS DE LA RESINA POLIÉSTER

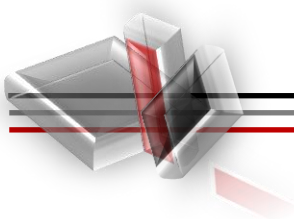
- Excelente balance entre dureza y flexibilidad, obteniendo como resultado una buena resistencia mecánica.
- Posee reducida contracción volumétrica por lo que permite hacer piezas con buena estabilidad dimensional.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la humedad y al agua.
- Posee buena protección al manchado y decoloración por causa de la intemperie, por lo que permite la aplicación para revestimientos.



- No es totalmente transparente como si se puede lograr con la resina epoxi, pero tiene excelentes características de translucidez.

PREPARACIÓN DE RESINA:

1. Se calcula la cantidad de resina en relación al peso, que se necesita para llenar el volumen de un cubo en la probeta de cobre o cualquier otro molde.
2. Para lograr una mejor trabajabilidad con la resina se debe diluir con estireno ya que es un material muy viscoso.
 - **ESTIRENO MONÓMERO:** Se utiliza para bajar la viscosidad de la resina poliéster y se coloca entre un 10-20% del peso total de la resina con la que se va a trabajar (pintulac, 2018).
3. Para las condiciones de fraguado la resina puede ser curada a temperatura ambiente, pero antes debe mezclarse con 2 componentes químicos que son:
 - **PERÓXIDO DE METIL ETIL CETONA (MECK PERÓXIDO):** Es un catalizador que al ser mezclado con la resina actúa como secante. La cantidad a utilizar es de 15 a 20 ml en 1 kilo de resina, dependiendo de las condiciones climáticas (pintulac, 2018).
 - **COBALTO:** Es un acelerante en el secado de la resina poliéster (15-30 minutos se obtiene una muestra totalmente curada). La cantidad que se debe poner en la mezcla es del 0.2% (2 gr por cada kg) y según las condiciones climáticas se puede aumentar hasta un 0.5% (5 gr por cada Kg) (pintulac, 2018).
4. La mezcla de todos los componentes debe realizarse entre 2-3 minutos. Se recomienda utilizar gafas, mascarilla con filtros de vapor y guantes de protección para no generar ninguna reacción molesta en la piel.



5. Luego de ser mezclado todos los componentes se puede verter en cualquier molde de manera inmediata o se tiene un tiempo entre 5 a 7 minutos para poder trabajar fácilmente la resina antes de que empiece su etapa de curado.



Figura 15. Materiales para la Preparación de Resina

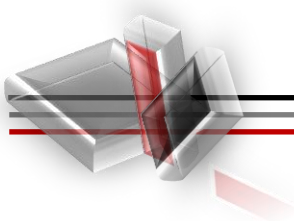
1) Resina Poliéster 2) Estireno 3) MECK Peróxido 4) Cobalto

Fuente: Autor, 2018.

2.2.3 FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA

En un comienzo se había planteado hacer uso de la fibra óptica con la que trabaja la empresa ETAPA de Cuenca, empresa con la cual ya había un acuerdo de donación del material reciclado o cortes sobrantes que ya no pueden ser trabajados. Opción que fue descartada por la difícil manipulación del material al momento de ser homogenizado manualmente con el hormigón y la complicación al momento de los cortes; ya que su esbeltez es muy fina, teniendo nada más micras de diámetro.

El corte de la fibra para que pueda transmitir luz sin ningún problema debe ser cortada técnicamente (corte perpendicular), si se lo hace con una tijera, las puntas y la entrada luminosa se estropean. Para el corte de fibra la empresa Etapa utiliza una máquina de precisión a laser que tiene un tiempo de uso de 40.000 cortes (un corte a la vez) y su precio está valorado entre los 1000 – 1500 dólares.



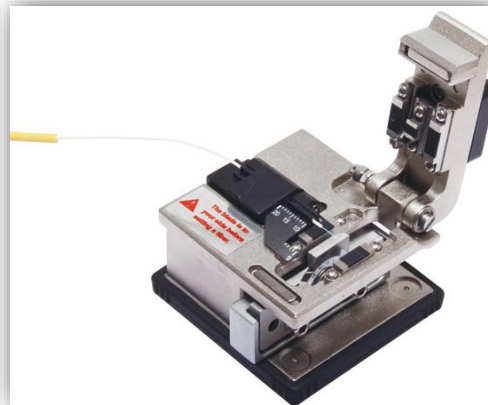


Figura 16. Máquina de Corte de Precisión para Cable de Fibra Óptica

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <http://www.zuriaga.com>

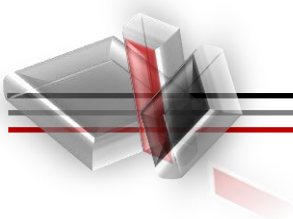
Para la elaboración de las muestras de hormigón translúcido con adición de fibra, se necesitan decenas y centenas de mil para obtener buenas propiedades ópticas de transmisión luminosa; por dichas razones y al ser un trabajo 100% manual prácticamente imposibilitó el uso del material.

Conjuntamente con el Ing. Juan Carlos Zhunio Ortega, con el cargo de Transmisiones de Redes Ópticas de la Empresa Etapa, se tomó la decisión de emplear una fibra óptica con mayor diámetro (6mm), que permita facilidad de trabajo, mayor diámetro para entrada de luz y menor cantidad de fibra óptica, tomando en cuenta la teoría utilizada por Luccon, empresa que fabrica paneles de hormigón translúcido en Austria.



Figura 17. Diámetros de Fibra Óptica Desde 2mm Hasta 10mm

Fuente: (Anónimo, s.f). Recuperado de <https://es.aliexpress.com>.



CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA ADQUIRIDA PARA LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL

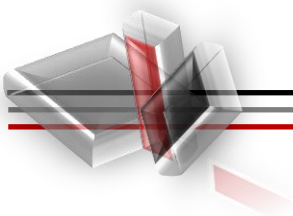
Brillo lateral fibra óptica Tamaño del Cable: $\phi 6\text{mm}$ diámetro



Figura 18. Fibra Óptica Plástica (Diámetro de 6mm).

Fuente: Autor, 2018.

- Material: PMMA (Polimetil Metacrilato).
- Pérdida óptica: 7000DB/KM.
- Rango de longitud de onda: 380-780nm.
- Excelente Brillo
- No es fácil de romper.
- Espesor uniforme.
- No UV o IR (Radiación ultravioleta que produce la formación del ozono y su destrucción).
- Superficie agradable y transparente.
- Excelente resistencia puede doblarse al azar.
- Larga vida y ahorro de energía.
- La luz de esta fibra óptica es una fuente de luz ideal para iluminación nocturna, utilizando la teoría de la reflexión total, ideal para la transmisión de la luz.
- Seguridad de la fibra óptica, no está cargada, no le tiene miedo al agua, puede albergar muchos ambientes.
- Fácilmente manipulable para crear y hacer cualquier forma de iluminación que desee.
- Bajo volumen de trabajo de mantenimiento.



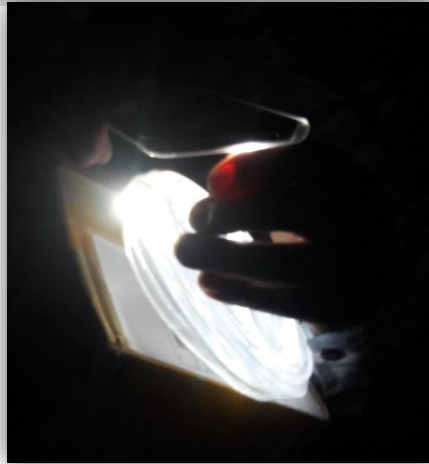


Figura 19. Transmisión de Luz - Fibra Óptica Adquirida.

Fuente: Autor, 2018.

La Figura 19, muestra como se transmite la luz a lo largo del rollo de 5m de fibra óptica con una luz proyectada desde el celular.

PREPARACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA

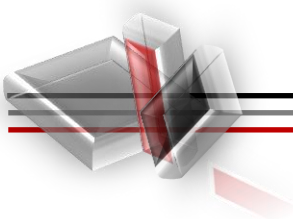
La fibra óptica conseguida es de marca senvodo, y la comercializan en rollos de 5m = 500cm. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el espesor de las muestras de hormigón traslúcido es de 3cm, los fragmentos de fibra se debe trabajar en ese mismo formato y su preparación es la siguiente:

1. Cortamos los 5 metros de fibra óptica en segmentos de 3cm cada uno, obteniendo $500\text{cm}/3\text{cm} = 166$ unidades.
2. Cubrimos con cinta masking tape los extremos de la fibra óptica para precaver que queden tapadas o se dañen en el momento del vertido del hormigón.



Figura 20. Fibra Óptica Cortada y Cubierta con Cinta Masking.

Fuente: Autor, 2018.



2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN

Toda la fase experimental se desarrolló en los laboratorios de la Universidad Católica de Cuenca y la Universidad de Cuenca, instituciones que tienen convenio dentro del marco de colaboración universitaria.

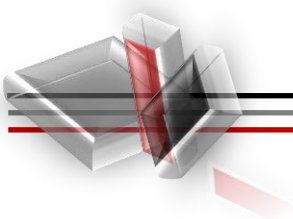
Una vez obtenida la materia prima a utilizar, como primer paso se hicieron ensayos a los áridos para obtener sus constantes físicas como: análisis granulométrico (NTE INEN 872), pesos volumétricos (INEN 857), pesos específicos y porcentajes de absorción tanto de la arena (INEN 856) como de la grava (INEN 857), para poder realizar el diseño de hormigón, para el presente caso se desarrolló un hormigón para una resistencia de 210 kg/cm², bajo el método de Fuller y el método gráfico.

Ya establecida la dosificación del hormigón para elaborar las muestras, se verterá la mezcla en probetas cilíndricas metálicas de 100 x 200 mm., que están dentro de la norma ASTM C192, la cual determina hacer un mínimo de 3 especímenes para el diámetro de 100mm, para consecutivamente poder someterlos a ensayos de compresión (INEN 1573) y flexión (ASTM C 93) para comenzar a dar efecto al segundo objetivo específico.



Figura 21. Molde Cilíndrico para Concreto (100 x 200mm).

Fuente: Autor, 2018. (Foto tomada en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).



También se realizó pruebas de resina de poliéster para ver su resistencia a la compresión y luego mezclarlo con hormigón, moldeados en probetas cúbicas de bronce con 3 cavidades de 50 x 50 mm.

Más adelante se dará a conocer de manera meticulosa todo el proceso desde la mezcla hasta la formación de las muestras finales de hormigón translúcido.

2.4 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

2.4.1 GRAVA

La grava hace referencia al agregado grueso para la elaboración de un hormigón, la roca utilizada fue extraída de las minas del cantón Santa Isabel y luego triturada para que pueda ser utilizada en la construcción.

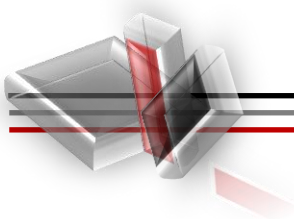
Es un material de origen andesítico o canto rodado, cuenta con una dureza óptima para la elaboración de hormigones y para su uso debe estar limpio de impurezas y cualquier sustancia perjudicial, por lo cual deberá entrar a un proceso de lavado.

Para la elaboración de hormigones deberá cumplir con los requisitos de la norma INEN 872.

2.4.1.1 CÁLCULO GRANULOMÉTRICO DE LA GRAVA

Para la determinación granulométrica de la grava, se tiene en cuenta la norma INEN 696; donde nos da a conocer los requisitos de gradación de un árido grueso y para esto se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Revolver bien todo el material que se tiene disponible en una bandeja.
2. Se cuartea el material, para recoger los lados opuestos y separarlos separa momentáneamente en otra bandeja.
3. Se vuelven a repetir los pasos anteriores y el material recogido de los lados opuestos es colocado en una bandeja previamente encerada en la balanza para pesarlo; para el presente caso fueron 12010 gramos.

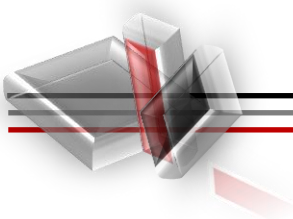


4. Se ponen en orden los tamices (fondo, tamiz # 4", 3/8", 1/2", 3/4", 1" y 1 1/2").
5. Llevamos el material y lo colocamos en la tamizadora teniendo cuidado que no se desborde nada del mismo, ya que no se tiene que alterar el peso de la grava que obtuvimos al inicio y se lo tamiza durante un tiempo de 5 minutos.
6. Se saca el material retenido en cada uno de los tamices y en una bandeja encerada en la balanza se pesa cada una de las cantidades de grava
7. Calculamos el porcentaje de humedad.
8. El material retenido acumulado se suma y para calcular el porcentaje retenido se necesita saber el WS = Peso Seco (Ver anexo N° 2).
9. Con el paso N° 8, calculamos el módulo de finura de la grava (Ver anexo N° 2).



Figura 22. Procedimiento Para el Cálculo Granulométrico de la Grava.

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).



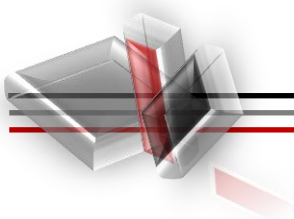
2.4.1.2 PESO ESPECÍFICO DE LA GRAVA

1. Pesar el picnómetro.
2. Quitar el agua superficial de la grava con una franela (Estado S.S.S - Superficialmente Seco y Saturado) y colocar en el picnómetro.
3. Pesamos el Picnómetro + Material en estado S.S.S. (Ver Anexo N° 4).
4. Se tapa el aire con un fragmento de vidrio y con un gotero se derrama agua para eliminar cualquier burbuja existente (aire atrapado).
5. Secamos todo el envase y obtenemos el peso Picnómetro + Agua + Muestra (Ver Anexo N° 4).
6. Sacamos el material y luego de lavar el envase se lo llena de agua (eliminar el aire atrapado) para conseguir el peso Picnómetro + Agua (Ver Anexo N° 4).
7. La grava que sacamos del picnómetro, se coloca en una bandeja y lo llevamos al horno.
8. Al siguiente día con la grava que se colocó en el horno es estado S.S.S (Superficialmente Seco y Saturado), se obtendrá el peso seco de la muestra (Ver Anexo N° 4).



Figura 23. Procedimiento Para el Peso Específico de la Grava.

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).



2.4.1.3 PESO VOLUMÉTRICO DE LA GRAVA

Para obtener el peso volumétrico de la grava, se lo hace de dos maneras, suelta y compactada. El procedimiento a seguir es el siguiente:

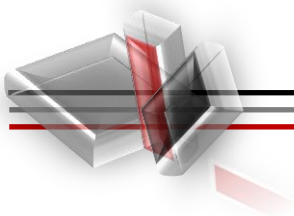
➤ GRAVA SUELTA

1. Utilizar una bandeja destarada para pesar los volúmenes de la grava.
2. Mezclar todo el material, llenar el recipiente (Con una pala se coloca la grava y la caída debe ser siempre constante, a una altura de 5 cm).
3. Enrazar el molde y colocar el árido en la bandeja.
4. Pesar el volumen de grava. Todo el procedimiento se lo hace 3 veces (Peso 1, Peso 2 y Peso 3) (Ver Anexo N° 5).



Figura 24. Procedimiento Para el Peso Volumétrico (Grava Suelta).

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).



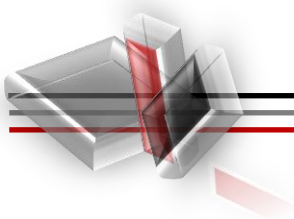
➤ **GRAVA COMPACTADA**

1. Utilizar una bandeja destarada para pesar los volúmenes de la grava.
2. Mezclar todo el material, con una pala y se coloca la grava en 3 capas. (En cada capa se da 25 varillazos repartidos uniformemente, solo en la última capa se llena el recipiente y se da 15 varillazos, luego ponemos más material hasta que rebose y damos las 10 varilladas faltantes; teniendo en cuenta que la caída del material debe ser siempre constante, a una altura de 5 cm).
3. Enraazar el molde y colocar el árido en la bandeja.
4. Pesarse el volumen de grava, todo este procedimiento se lo hace 3 veces (Peso 1, Peso 2 y Peso 3) (Ver Anexo N° 5).



Figura 25. Procedimiento Para el Peso Volumétrico (Grava Compactada).

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).



2.4.2 ARENA

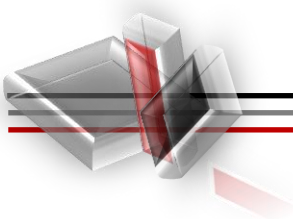
Al igual que la grava, la arena también es proveniente de las minas ubicadas en el río Jubones del cantón Santa Isabel. Este árido se lo utilizará como agregado fino para la conformación de hormigones.

Para su uso la arena debe estar lavada y libre de cualquier residuo que pueda contaminar y afectar las características del hormigón. Finalmente debe cumplir con los requisitos de la norma INEN 872, para elaboración de hormigones.

2.4.2.1 CÁLCULO GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA

La arena debe cumplir con los requisitos de la norma INEN 697, para hacer los ensayos granulométricos. El procedimiento para llegar al cálculo de gradación del árido fino es el siguiente:

1. Se mezcla la arena que se encuentra almacenada en la bandeja y se pesan 1000 gramos para el análisis.
2. Lavar la arena para eliminar la mayor cantidad de finos que pasan por el tamiz N°200 (polvo), teniendo cuidado de derramar el material; esto se lo hace hasta que el agua se vea limpia).
3. Durante 24 horas la arena lavada se lo deja en el horno, para luego poder tamizarla.
4. Se ordenan los tamices (fondo, #200, 100, 50, 30, 16, 8 y 4).
5. Se colocan en la tamizadora el grupo de tamices antes mencionados y se lo deja trabajar durante un tiempo de 5 minutos.
6. Pesamos el material retenido en los diferentes tamices, si en el fondo queda más de 3 gramos quiere decir que la arena está mal lavada.
7. Calculamos el porcentaje de humedad (Ver anexo N° 1).



8. El material retenido acumulado se suma y para calcular el porcentaje retenido se necesita saber el WS = Peso Seco (Ver anexo N° 1).
9. Con el paso N° 8, calculamos el módulo de finura de la arena (Ver anexo N° 1).



Figura 26. Procedimiento Para el Cálculo Granulométrico de la Arena.

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad de Cuenca).

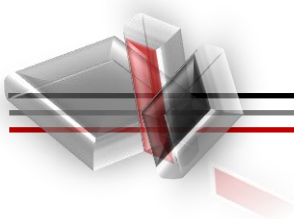


Tabla 6.

Análisis Granulométrico de la Arena.

	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ Nº	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3/8"	9,52				100	
Nº4	4,76	0,8	0,8	0,087	99,91	
PASA No4						
8	2,38	18,9	19,7	2,15	97,85	
16	1,19	82,4	102,1	11,15	88,85	
30	0,580	164,4	266,5	29,1	70,89	
50	0,3	255,8	522,3	57,05	42,95	
100	0,15	264,9	787,2	85,99	14,01	
200	0,07	87,9	875,1	98,59	4,41	
PASA No200		1,4	876,5	95,75	4,26	
TOTAL		876,3				

MÓDULO DE FINURA:

1.85 mm

Fuente: Elaboración Propia (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca)

2.4.2.2 PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA

1. Pesar 200 gramos de arena para el ensayo con el matraz (contenido: 500 ml), y otros 200 gramos se ponen en el horno.
2. Con un embudo se vierte la arena dentro y luego por medio de un gotero se coloca agua en 3 partes hasta llegar a la línea azul que tiene el matraz en su cuello. En cada fracción de agua se mueve el matraz hasta eliminar cualquier burbuja que se haya formado.
3. Pesamos el Matraz + Agua + la Muestra de arena (Ver Anexo N° 3).
4. Con el matraz limpio colocamos agua en 3 partes repitiendo el procedimiento mencionado en el paso 2, esto para obtener el peso del Matraz + Agua (Ver Anexo N° 3).
5. Al siguiente día con la arena que se colocó en el horno es estado S.S.S (Superficialmente Seco y Saturado), se obtendrá el peso seco de la muestra (Ver Anexo N° 3).

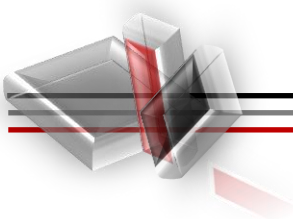




Figura 27. Procedimiento Para el Peso Específico de la Arena.

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).

2.4.2.3 PESO VOLUMÉTRICO DE LA ARENA

Para el peso volumétrico de la arena, se lo hace solo de manera suelta y el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Utilizar una bandeja destarada para pesar los volúmenes de la arena.
2. Mezclar todo el material, llenar el recipiente (Con una cuchareta se coloca la arena y la caída debe ser siempre constante, a una altura de 5 cm).
3. Enrazar el molde y colocar el árido en la bandeja.
6. Pesar el volumen de arena, todo este procedimiento se lo hace 3 veces (Peso 1, Peso 2 y Peso 3) (Ver Anexo N° 6).

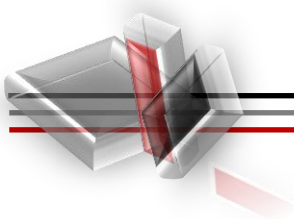




Figura 28. Procedimiento Para el Peso Volumétrico (Arena Suelta).

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).

2.5 DISEÑO DEL HORMIGÓN

Para poder elaborar la muestra de hormigón translúcido, primero se procedió con el diseño del hormigón con el fin de tener un concreto con la resistencia adecuada. Se planteo como base lograr un hormigón con $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$; basado en el método de Fuller y el método gráfico. (Ver Anexos N° 7).

Tabla 7.

Dosificación (1m^3) de H° (Método de Fuller)

AGUA	199 KG
CEMENTO	349,12 KG
GRAVA	1.208,04 KG
ARENA	597,55 KG

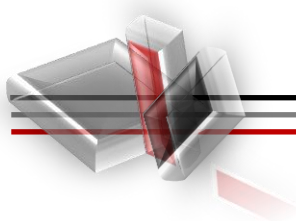
Tabla 8.

Dosificación (1m^3) de H° (Método Gráfico)

AGUA	197,60 GR
CEMENTO	344,82 GR
GRAVA	891,81 GR
ARENA	912,28 GR

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El diseño de hormigones se realizó conjuntamente con el Ing. Marcos González, profesional encargado del Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca.



2.6 ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL

Para su elaboración utilizamos probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, dándonos un volumen de 1570.80 cm³, se elaboraron un total de 3 probetas por cada método, que posteriormente fueron ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días de curado.

PROCEDIMIENTO:

1. Previamente las 3 probetas deben estar totalmente limpias y humectadas con algún tipo de desmoldante; se utilizó aceite quemado, material utilizado para el proceso en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca.
2. En bandejas se pesan las cantidades de grava, arena, cemento y agua, porcentajes que se obtienen del diseño de hormigón. Se deben elaborar 3 probetas, pero se calcula para 4 por los desperdicios de material. (Ver Anexo N° 7).

Tabla 9.

Dosificación de H° Cilindro Ø=10cm Y
H=20cm (Método De Fuller)

AGUA	1.418 GR
CEMENTO	2.194 GR
GRAVA	7.774 GR
ARENA	3.858 GR

Tabla 10.

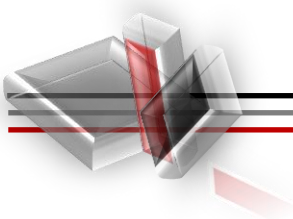
Dosificación de H° Cilindro Ø=10cm Y
H=20cm (Método Gráfico)

AGUA	1.408 GR
CEMENTO	2.167 GR
GRAVA	5.739 GR
ARENA	5.890 GR

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Todas las prácticas experimentales de aquí en adelante se llevó a cabo con la dirección técnica del Ing. Marcos González, profesional encargado del Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca.

3. En una concretera se mezclaron los agregados, agua y el cemento; durante un tiempo de 3 minutos corridos desde que se vierte toda la cantidad de agua correspondiente. Luego se



apaga la concretera y se mezcla el material manualmente con una bailejo y finalmente se mezclan 2 minutos más en la concretera.

4. Se extrae la mezcla de la concretera en una bandeja metálica.
5. Llenamos las probetas en 3 capas (1/3 de la altura del molde cada), la primera y segunda capa se compacta con 25 varillazos distribuidos uniformemente en el molde, teniendo cuidado para no golpear la base de la probeta en la primera capa, en la tercera capa se llena hasta el borde y se dan 15 varillazos para volver a colocar material y finalizar con los 10 varillazos faltantes.
6. El colocado de la mezcla en la probeta debe ser siempre constante a una altura de 5cm y en cada capa se debe golpear el molde con un martillo de hule con una fuerza moderada para que el material no se segregue sino con la finalidad de eliminar encapsulamientos de aire.
7. Con una llana para alisar se enrasa el molde, retirando el sobrante del hormigón para trabajar el acabado de la cara superior dejándola perfectamente plana y lisa.
8. Se dejan las probetas durante las próximas 24 horas sobre una superficie plana y en un lugar libre de vibraciones para que se fragüen lo suficiente para el desencofrado.
9. Pasadas las 24 horas se desencofra el hormigón y con un cepillo metálico se raspa la probeta que una vez limpia se la deja aceitada para un próximo uso.
10. Finalmente se llevan los cilindros de hormigón a una piscina de curado, donde pasarán las muestras durante los días planteados para su rotura.

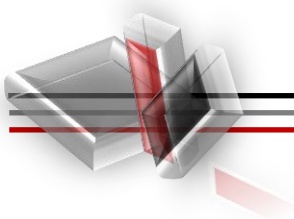
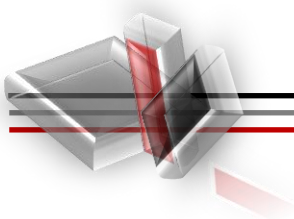




Figura 29. Procedimiento Para la Elaboración de Probetas Cilíndricas de Hormigón.

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).



2.7 CÁLCULO DE MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS CÚBICAS DE RESINA POLIÉSTER

Antes de su uso con el hormigón, se realizaron muestras cúbicas con un volumen de 125 cm^3 cada una, con el fin de realizar ensayos a la compresión y corroborar si es un material lo suficientemente resistente.



Figura 30. Probeta Cúbica de Cobre con Resina de Poliéster.

Fuente: Autor, 2018. (Foto tomada en el laboratorio de Suelos de la Universidad de Cuenca).

- **Cálculo de resina para un cubo:**

$$\text{Volumen} = 5 \times 5 \times 5 \text{ cm} = 125 \text{ cm}^3$$

Fórmula: $P = \delta \times V$

Donde:

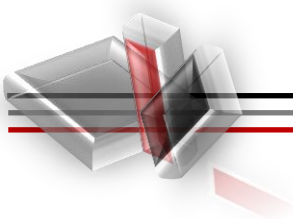
P = Peso

δ = densidad del material

V = Volumen

$$P = \frac{1.15 \text{ gr}}{\text{cm}^3} \times 125 \text{ cm}^3$$

P. resina = 143.75 gr (para cada cubo).



- **Cálculo de Estireno para un cubo:**

1 kilogramo = 1000 gramos

10-20 % de estireno para un kilo (15% término medio a utilizar)

1000 gr x 15% = 150 gr

$$X = 21.56 \text{ gr (cantidad de estireno) //R.}$$

- **Cálculo de MEK Peróxido para un cubo:**

$$X = 2.16 \text{ ml} = 2.00 \text{ ml (cantidad de MEK) //R.}$$

- **Cálculo de Cobalto para un cubo:**

$$X = 0.29 \text{ gr (cantidad de Cobalto) //R.}$$

Para más facilidad en la colocación de estos químicos se utiliza una jeringuilla (medición en ml) por lo que vamos a transformar la cantidad de cobalto a mililitros.

0.29 gramos a mililitros

Fórmula: $V = P / \delta$

$$V = \frac{0.29 \text{ gr}}{1.15 \text{ gr/cm}^3} = 0.25 \text{ cm}^3$$

1 centímetro cúbico = 1 mililitro

$$V = 0.25 \text{ ml (cantidad de Cobalto) //R.}$$

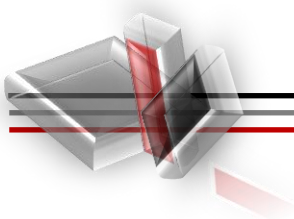




Figura 31. Cubos de Resina Poliéster Desencofrados.

Fuente: Autor, 2018. (Foto tomada en el laboratorio de Suelos de la Universidad de Cuenca).

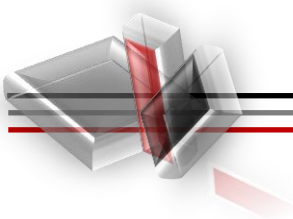
2.8 ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN + FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio utilizada para esta experimentación, fue adquirida en Ecuafibra, una empresa Azuaya dedicada a todo tipo de trabajos con dicho material como tinajas de baño. Está ubicada en la vía – panamericana norte, a pocos metros del cuartel Dávalos.

La elaboración de este tipo de hormigón se rige en el procedimiento del punto anterior (Elaboración de probetas cilíndricas de hormigón tradicional); lo único que cambia en el paso #3 es la adición de la fibra de vidrio a la mezcla de grava, arena, cemento y agua, con la finalidad de comparar la resistencia del hormigón y analizar si es un material que puede aportar a la transmisión de luz en el concreto.

La fibra de vidrio la comercializan en rollos en un formato parecido a la tela, se procede a deshacer o desmenuzar los hilos de fibra, luego pasa a un proceso de mezclado con el hormigón común.

- **Cálculo de Fibra de Vidrio para una probeta cilíndrica de hormigón ($\varnothing=10\text{cm}$ y $h=20\text{cm}$):**



$$\text{Volumen probeta cilíndrica} = \left(\frac{\pi(10)^2}{4} \right) \times 20\text{cm} = 1.570,80 \text{ cm}^3$$

$$\text{Fórmula: } P = \delta \times V \quad (F1)$$

Donde:

P = Peso

δ = densidad del material

V = Volumen

Al no tener la densidad del material, hacemos un ensayo con el matraz para obtenerla, el procedimiento es el siguiente:

1. Colocamos 300 ml de agua en el matraz.
2. Pesamos un segmento de fibra de vidrio (13,20 gr) que será utilizado en el ensayo, su tamaño debe ser lo suficiente como para que ingrese a través el cuello del matraz.
3. Ingresamos la fibra de vidrio en el matraz hasta que tome contacto con el agua y la humedezca por completo.
4. Sacamos la fibra del matraz y divisamos el volumen de agua absorbido por el material.
5. Cálculo: despejando la densidad de la (F1)

$$\delta = P/V$$

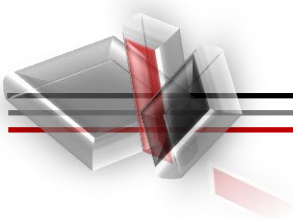
$$\delta = \frac{13,20 \text{ gr}}{5 \text{ ml}} = 2,64 \text{ gr/cm}^3$$

- Cálculo del 1% de fibra de vidrio para añadirse a la mezcla de hormigón

$$2,64 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 1.570,80 \text{ cm}^3 = 4.146,91 \text{ gr}$$

$$[4.146,91 \text{ gr}] \cdot [1\%] = 41.47 \text{ gr} \text{ (fibra de vidrio para una probeta cilíndrica).}$$

$$[41.47 \text{ gr}] \cdot [4] = 165.9 \text{ gr} \text{ (fibra de vidrio para cuatro probetas cilíndricas).}$$



DOSIFICACIÓN 1% DE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO

Para la dosificación de hormigón + fibra de vidrio, se tiene en cuenta la dosificación preliminar de hormigón calculada con el método de Fuller; dosificación con la que se trabajará durante todo el proceso por los resultados obtenidos, que son favorables a los resultados conseguidos en la dosificación hecha de acuerdo al método gráfico.



Figura 32. Desmembramiento y Pesado de la Fibra de Vidrio.

Fuente: Autor, 2018. (Fotos tomadas en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).

Tabla 11.

Dosificación Preliminar Cilindro $\varnothing=10\text{cm}$ Y $H=20\text{cm}$
(Método De Fuller)

AGUA	1.418 GR
CEMENTO	2.194 GR
GRAVA	7.774 GR
ARENA	3.858 GR

Fuente: Elaboración Propia

Seguidamente se procede a reemplazar el 1 % de fibra de vidrio en todos los materiales de la Tabla 11, por lo que la tabla modificada quedaria de la siguiente manera:

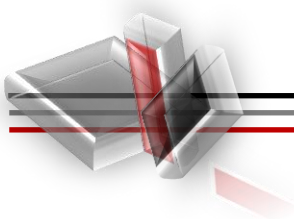


Tabla 12.

Dosificación Preliminar de H° Cilindro Ø=10cm Y H=20cm
(Hormigón + Fibra De Vidrio)

AGUA	1.403,82 GR
CEMENTO	2.172,06 GR
GRAVA	7.696,26 GR
ARENA	3.819,42 GR
FIBRA DE VIDRIO (1%)	165.9GR

Fuente: Elaboración Propia

- **Corrección de la cantidad de agua sabiendo que:**

- El porcentaje de absorción de la grava es de 4.19
- El porcentaje de absorción de la arena es de 3.68
- El porcentaje de humedad de la grava es de 2.42
- El porcentaje de humedad de la arena es de 2.77

Fórmula:

$$W_w = W_S \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$

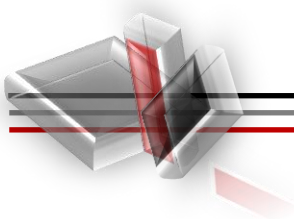
W_w = Peso Agua

W_S = Peso Seco

%W = Porcentaje de humedad

%Abs = Porcentaje de absorción

$$W_w(\text{grava}) = 7.69626 \times \frac{(2.42 - 4.19)}{100} = -0.136$$



$$Ww(\text{arena}) = 3.81942 \times \frac{(2.77 - 3.68)}{100} = -0.035$$

$$\begin{aligned} \text{Agua Total} &= 1.404 + 0.136 + 0.035 \\ &= 1.575 \text{ kg} = \mathbf{1.574,82 \text{ gr}} \end{aligned}$$

Fórmula:

$$WH = WS \left(1 + \frac{W}{100} \right)$$

WH = Peso Humedo

$$WH(\text{grava}) = 7.696,26 \left(1 + \frac{2.42}{100} \right) = 7.882,51 \text{ gr}$$

$$WH(\text{arena}) = 3.819,42 \left(1 + \frac{2.77}{100} \right) = 3.925,22 \text{ gr}$$

Tabla 13.

Dosificación Final de H° Cilindro Ø=10cm Y H=20cm
(Hormigón + Fibra De Vidrio)

AGUA	1.574,82 GR
CEMENTO	2.172,06 GR
GRAVA	7.882,51 GR
ARENA	3.925,22 GR
FIBRA DE VIDRIO (1%)	165.10 GR

Fuente: Elaboración Propia

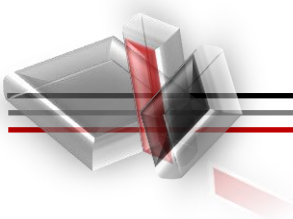




Figura 33. Masa Obtenida de la Mezcla de Hormigón + Fibra de Vidrio.

Fuente: Autor, 2018. (Foto tomada en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca).

En la figura 33, se muestra la mezcla del hormigón con la adición de fibra de vidrio del 1%, la masa que se obtiene no es fácilmente trabajable, debido a que el tamaño de la fibra no es el adecuado, afectando la colocación y compactado del hormigón en las probetas.

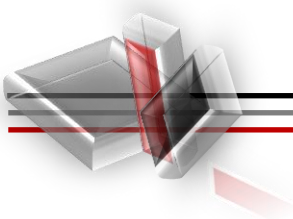
NOTA: El procedimiento de elaboración del hormigón con adición de fibra de vidrio es el mismo que el ejemplificado en el proceso de las probetas de hormigón tradicional.

2.9 ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE HORMIGÓN ADICIONANDO RESINA POLIÉSTER.

En este punto se analiza la mezcla entre hormigón y resina, para averiguar si es factible y como reaccionan juntos los componentes, por ser totalmente distintos.

Para ello utilizamos moldes hechos de madera de 5 x 5 x 5 cm, el mismo tamaño de las probetas de bronce que están normalizadas para este tipo de ensayos (volumen de 125 cm³).

Se hace un total de 5 muestras para cada dosificación, las cuales fueron ensayadas a las edades de 3,7, 14, 21 y 28 días de curado.



DOSIFICACIONES:

- a) HORMIGÓN (80%) + RESINA (20%)
- b) HORMIGÓN (60%) + RESINA (40%)
- c) HORMIGÓN (40%) + RESINA (60%)

PROCEDIMIENTO:

Seguimos el mismo procedimiento de elaboración del hormigón tradicional y adicionando el respectivo porcentaje de resina; teniendo en cuenta como indicación que la resina tiene un tiempo de trabajo de 10 minutos, que es donde inicia su proceso de curado, pudiendo cambiar a la hora de mezclarse con el hormigón.

2.9.1 CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

Partimos de la dosificación preliminar para sacar la cantidad de materiales según el volumen requerido, en este caso cubos de 125 cm³.

Tabla 14.

Dosificación Preliminar 1m³ de H^o - (Método De Fuller)

AGUA	199 KG
CEMENTO	349.12 KG
GRAVA	1208.04 KG
ARENA	597.55 KG

Fuente: Elaboración Propia

Calculamos la cantidad de materia prima para un número de 3 cubos y medio, por el desperdicio de material que se origina cuando se vierte el hormigón dentro del molde.

Volumen unitario: 0.000125 m³

Volumen total (3 ½): 0.00044 m³

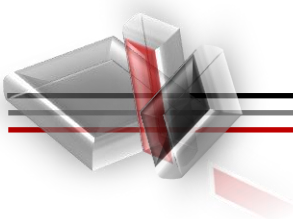


Tabla 15.

Dosificación Preliminar para un H° de 0.00044m³ - (Método De Fuller).

AGUA	0.08756 KG	87.56 GR
CEMENTO	0.1536 KG	153.6 GR
GRAVA	0.531 KG	531 GR
ARENA	0.2629 KG	262.9 GR

Fuente: Elaboración Propia

- **Corrección de la cantidad de agua sabiendo que:**

- El porcentaje de absorción de la grava es de 4.19
- El porcentaje de absorción de la arena es de 3.68
- El porcentaje de humedad de la grava es de 2.42
- El porcentaje de humedad de la arena es de 2.77

Fórmula:

$$W_w = WS \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$

Ww = Peso Agua

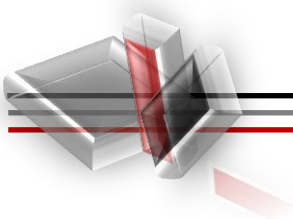
WS = Peso Seco

%W = Porcentaje de humedad

%Abs = Porcentaje de absorción

$$W_w(\text{grava}) = 0.531 \times \frac{(2.42 - 4.19)}{100} = -0.0094$$

$$W_w(\text{arena}) = 0.2629 \times \frac{(2.77 - 3.68)}{100} = -0.00245$$



$$\begin{aligned} \text{Agua Total} &= 0.08756 + 0.0094 + 0.00245 \\ &= 0.09941 \text{ kg} = \mathbf{99.41 \text{ gr}} \end{aligned}$$

Fórmula:

$$WH = WS \left(1 + \frac{W}{100} \right)$$

WH = Peso Humedo

$$WH(\text{grava}) = 531 \left(1 + \frac{2.42}{100} \right) = \mathbf{543.85 \text{ gr}}$$

$$WH(\text{arena}) = 262.9 \left(1 + \frac{2.77}{100} \right) = \mathbf{270.18 \text{ gr}}$$

Dosificación final para un hormigón de 0.00044m³:

Tabla 16.

Dosificación Final para un H° de 0.00044m³ - (Método De Fuller).

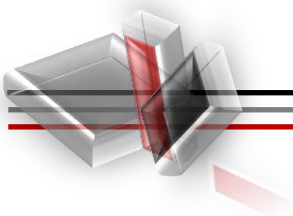
AGUA	99.41 GR
CEMENTO	153.6 GR
GRAVA	543.85 GR
ARENA	270.18 GR

Fuente: Elaboración Propia

2.9.2 CÁLCULO DE MATERIALES PARA ELABORAR UNA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN (80%) CON LA ADICIÓN DE RESINA (20%).

- **Cálculo de la Resina Poliéster (4 cubos):**

$$\text{Fórmula: } P = \delta \times V$$



Donde:

P = Peso

δ = densidad del material (1.15 gr/cm³)

V = Volumen (440 cm³)

$$P = 1.15 \times 440 = \mathbf{506 \text{ gr}}$$

$$P (20\%) = \mathbf{101.2 \text{ gr //}}$$

Cantidad de resina reduciendo el porcentaje de estireno:

$$P = 101.2 \text{ gr} - 15.18 \text{ gr} = \mathbf{86.02 \text{ gr //}}$$

- **Cálculo de Estireno (4 cubos):**

1 kilogramo = 1000 gramos

10-20 % de estireno para un kilo (15% término medio a utilizar)

$$1000 \text{ gr} \times 15\% = 150 \text{ gr}$$

1.000 gr (resina) ← → 150 gr (estireno)

101.2 gr (resina) ← → X

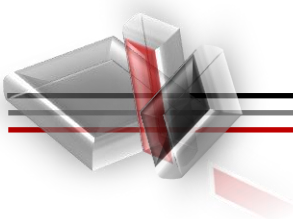
$$X = 15.18 \text{ gr (cantidad de estireno) //R.}$$

- **Cálculo de MEK Peróxido (4 cubos):**

15 ml de MEK para un kilo

1.000 gr (resina) ← → 15 ml (MEK)

101.2 gr (resina) ← → X



$$X = 1.52 \text{ ml} = 1.5 \text{ ml (cantidad de MEK) //R.}$$

- **Cálculo de Cobalto (4 cubos):**

2 gr de Cobalto para un kilo

$$\begin{array}{ccc}
 1.000 \text{ gr (resina)} & \xrightarrow{\quad} & 2 \text{ gr (Cobalto)} \\
 & \xleftarrow{\quad} & \\
 101.2 \text{ gr (resina)} & & X
 \end{array}$$

$$X = 0.20 \text{ gr (cantidad de Cobalto) //R.}$$

Para más facilidad en la colocación de estos químicos, se utiliza una jeringuilla (medición en ml) por lo que vamos a transformar la cantidad de cobalto a mililitros.

0.2 gramos a mililitros

Fórmula: $V = P / \delta$

$$V = \frac{0.20 \text{ gr}}{1.15 \text{ gr/cm}^3} = 0.17 \text{ cm}^3$$

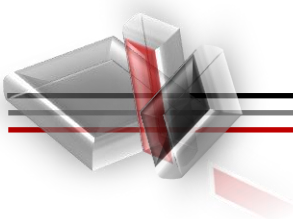
1 centímetro cúbico = 1 mililitro

$$V = 0.2 \text{ ml (cantidad de Cobalto) //R.}$$

2.9.3 CÁLCULO DE MATERIALES PARA ELABORAR UNA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN (60%) CON LA ADICIÓN DE RESINA (40%).

- **Cálculo de la Resina Poliéster (4 cubos):**

Fórmula: $P = \delta \times V$



Donde:

P = Peso

δ = densidad del material (1.15 gr/cm³)

V = Volumen (440 cm³)

$$P = 1.15 \times 440 = \mathbf{506 \text{ gr}}$$

$$P (40\%) = \mathbf{202.4 \text{ gr //}}$$

Cantidad de resina reduciendo el porcentaje de estireno:

$$P = 202.4 \text{ gr} - 30.36 \text{ gr} = \mathbf{172.04 \text{ gr //}}$$

- **Cálculo de Estireno (4 cubos):**

1 kilogramo = 1000 gramos

10-20 % de estireno para un kilo (15% término medio a utilizar)

$$1000 \text{ gr} \times 15\% = 150 \text{ gr}$$

$$X = 30.36 \text{ gr (cantidad de estireno) //R.}$$

- **Cálculo de MEK Peróxido (4 cubos):**

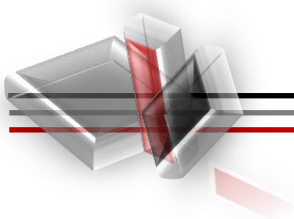
$$X = 3.04 \text{ ml} = 3.0 \text{ ml (cantidad de MEK) //R.}$$

- **Cálculo de Cobalto (4 cubos):**

$$X = 0.40 \text{ gr (cantidad de Cobalto) //R.}$$

0.4 gramos a mililitros

Fórmula: $V = P / \delta$



$$V = \frac{0.40 \text{ gr}}{1.15 \text{ gr/cm}^3} = 0.35 \text{ cm}^3$$

1 centímetro cúbico = 1 mililitro

$$V = 0.35 \text{ ml (cantidad de Cobalto) //R.}$$

2.9.4 CÁLCULO DE MATERIALES PARA ELABORAR UNA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN (40%) CON LA ADICIÓN DE RESINA (60%)

- **Cálculo de la Resina Poliéster (4 cubos):**

$$\text{Fórmula: } P = \delta \times V$$

Donde:

P = Peso

δ = densidad del material (1.15 gr/cm³)

V = Volumen (440 cm³)

$$P = 1.15 \times 440 = \mathbf{506 \text{ gr}}$$

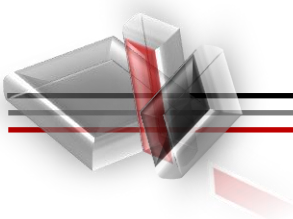
$$P (60\%) = \mathbf{303.6 \text{ gr //}}$$

Cantidad de resina reduciendo el porcentaje de estireno:

$$P = 303.6 \text{ gr} - 45.54 \text{ gr} = \mathbf{258.06 \text{ gr //}}$$

- **Cálculo de Estireno (4 cubos):**

1 kilogramo = 1000 gramos



10-20 % de estireno para un kilo (15% término medio a utilizar)

$$1000 \text{ gr} \times 15\% = 150 \text{ gr}$$

$$X = 45.54 \text{ gr (cantidad de estireno) //R.}$$

- **Cálculo de MEK Peróxido (4 cubos):**

$$X = 4.55 \text{ ml} = 4.5 \text{ ml (cantidad de MEK) //R.}$$

- **Cálculo de Cobalto (4 cubos):**

$$X = 0.61 \text{ gr (cantidad de Cobalto) //R.}$$

0.61 gramos a mililitros

Fórmula: $V = P / \delta$

$$V = \frac{0.61 \text{ gr}}{1.15 \text{ gr/cm}^3} = 0.53 \text{ cm}^3$$

1 centímetro cúbico = 1 mililitro

$$V = 0.5 \text{ ml (cantidad de Cobalto) //R.}$$

Basándose en la dosificación preliminar se procede a reemplazar el 20%, 40% Y 60% de la adición (resina), en la cantidad de los demás materiales, para esto la tabla de dosificación quedará modificada de la siguiente manera:

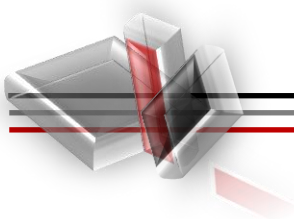


Tabla 17.

Dosificación Final 0.00044m³ - (Cubos de Hormigón + Resina).

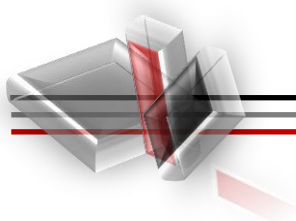
MATERIAL	DOSIFICACIÓN HORMIGÓN (80%) + RESINA (20%)	DOSIFICACIÓN HORMIGÓN (60%) + RESINA (40%)	DOSIFICACIÓN HORMIGÓN (40%) + RESINA (60%)
AGUA	79.5 GR	59.6 GR	39.8 GR
CEMENTO	122.9 GR	92.2 GR	61.4 GR
GRAVA	435.1 GR	326.3 GR	217.5 GR
ARENA	216.1 GR	162.1 GR	108.1 GR
RESINA	86.02 GR	172.04 GR	258.06 GR
ESTIRENO	15.18 GR	30.36 GR	45.54 GR
MEK	1.5 ML	3.0 ML	4.5 ML
COBALTO	0.2 ML	0.35 ML	0.5 ML

Fuente: Elaboración Propia

Una vez hecha la mezcla y posteriormente colocada en los moldes, se dejan las probetas durante las próximas 24 horas sobre una superficie plana y libre de vibraciones para que el hormigón tenga su primer curado y poder ser desencofrada.

Pasadas las 24 horas se desencofra el hormigón y finalmente se llevan los cubos de hormigón a una piscina para su respectivo curado durante los días planteados para su rotura.

NOTA: Dado que ninguna de las dosificaciones indicadas en la tabla 17 dieron buenos resultados de transmisión de luz, se procedió a elaborar muestras con menor cantidad de hormigón; donde se utilizó un molde desarmable diseñado de 10 x 10 x 2 cm. Se agranda la muestra pero se reduce el espesor con la finalidad de sondear la obtención de una muestra translúcida. Para la experimentación hacemos una sola probeta.



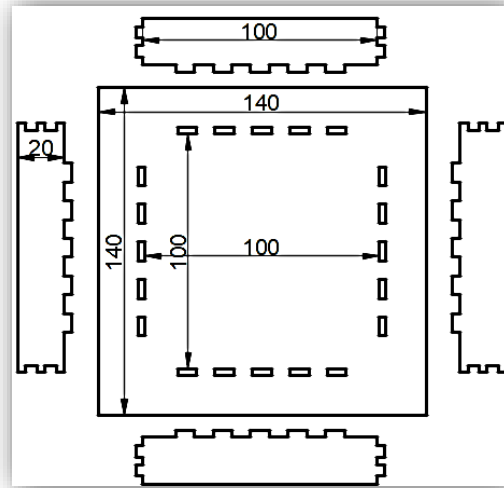


Figura 34. Diseño Desarmable de Probeta.

Fuente: Elaboración Propia (Software: AUTOCAD - Corte a laser).

2.9.5 CÁLCULO DE MATERIALES PARA ELABORAR UNA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN (10%) CON LA ADICIÓN DE RESINA (90%).

Tabla 18.

Dosificación Final: 0.0002 m³ - (Hormigón).

AGUA	39.8 GR
CEMENTO	69.82 GR
GRAVA	241.61 GR
ARENA	119.51 GR

Fuente: Elaboración Propia.

Basándose en la dosificación del cuadro anterior, se procede a reemplazar el 90% de la adición (resina) en la cantidad de los demás materiales, para esto la tabla de dosificación quedará modificada de la siguiente manera:

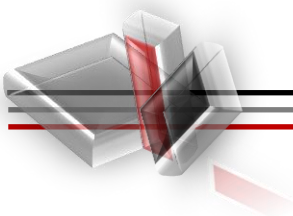


Tabla 19.

Dosificación Final: 0.0002 m³ - (Hormigón 10% + Resina 90%)

AGUA	3.98 GR
CEMENTO	6.98 GR
GRAVA	24.16 GR
ARENA	11.95 GR
RESINA	175.95 GR
ESTIRENO	31.05 GR
MEK	3.0 ML
COBALTO	0.4 ML

Fuente: Elaboración Propia.

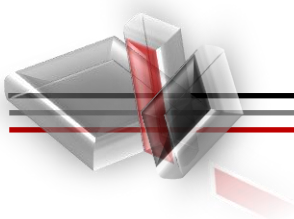
Por separado se realizó la mezcla del hormigón y luego de la resina con sus componentes, consecutivamente se hizo una mezcla de todos los materiales obteniendo una pasta homogénea para luego ser vertida en el molde.

La probeta se fraguó totalmente en un lapso de 40 minutos y con su posterior desencofrado se pudo observar una muestra fallida con cero transmisión de luz, ya que los áridos se sedimentaron en la base y opacaron totalmente una cara de la muestra impidiendo así el paso del haz de luz a través del mismo.



Figura 35. Probeta obtenida de la dosificación H^o(10%) y R (90%).

Fuente: Autor, 2018.



2.9.6 CÁLCULO DE MATERIALES PARA ELABORAR UNA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN (5%) CON LA ADICIÓN DE RESINA (95%).

Por la sedimentación de agregados en la muestra anterior, se tomó la decisión de hacer una mezcla por capas, dividiendo el molde en tres partes y de la siguiente manera:

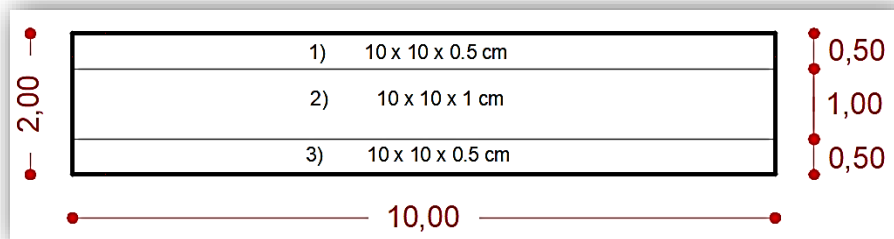


Figura 36. División del Molde.
Fuente: Elaboración Propia (Software: AUTOCAD).

Tabla 20.

Dosificación Final: 0.00005 m³ - (Hormigón 5% + Resina 95%)

MATERIAL	100% MATERIAL	5% HORMIGÓN	95% RESINA
AGUA	9.95 GR	0.50 GR	
CEMENTO	17.46 GR	0.87 GR	
GRAVA	60.40 GR	3.02 GR	
ARENA	29.88 GR	1.49 GR	
RESINA	57.50 GR		46.44 GR
ESTIRENO			8.19 GR
MEK			0.82 ML
COBALTO			0.11 ML

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 20, tenemos la dosificación para la capa 1 y 3 de la probeta (0.5 cm de espesor). La suma de la resina y estireno da el 95% en relación al 100% de resina, que es 54.63 gr.

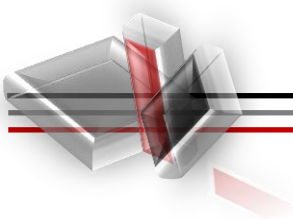


Tabla 21.

Dosificación Final: 0.0001 m³ - (Hormigón 5% + Resina 95%)

MATERIAL	100% MATERIAL	5% HORMIGÓN	95% RESINA
AGUA	19.90 GR	1.00 GR	
CEMENTO	34.92 GR	0.87 GR	
GRAVA	120.80 GR	3.02 GR	
ARENA	59.76 GR	1.49 GR	
RESINA	115 GR		92.86 GR
ESTIRENO			16.39 GR
MEK			1.64 ML
COBALTO			0.22 ML

Fuente: Elaboración Propia

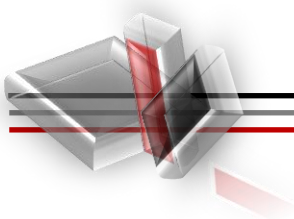
En la Tabla 21, tenemos la dosificación para la capa 2 de la probeta (1 cm de espesor). La suma de la resina y estireno da el 95% en relación al 100% de resina, que es 109.25 gr.

Se realiza el mismo procedimiento de mezcla y se la coloca en el molde (10 x 10 x 2 cm). La probeta se curó en un lapso de 35 minutos y una vez desencofrada se pudo observar una muestra nublosa pero que al momento de proyectar la luz de un foco en una de sus caras se puede apreciar en la otra cara la transmisión luminosa de la probeta y distinguir las sombras de los objetos plasmados.



Figura 37. Probeta obtenida de la dosificación H°(5%) y R (95%).

Fuente: Autor, 2018.



En la figura 37, vemos la muestra con un acabado oscuro o nuboso y en la otra fotografía podemos observar la transmisión luminosa de la probeta con una luz proyectada.

2.9.7 CÁLCULO DE MATERIALES PARA ELABORAR UNA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN (1%) CON LA ADICIÓN DE RESINA (99%).

Para la elaboración experimental de está dosificación, cambiamos el tamaño de la probeta a 30 x 15 x 3 cm, ya que las placas o muestras finales van a tener dicho espesor (3cm).

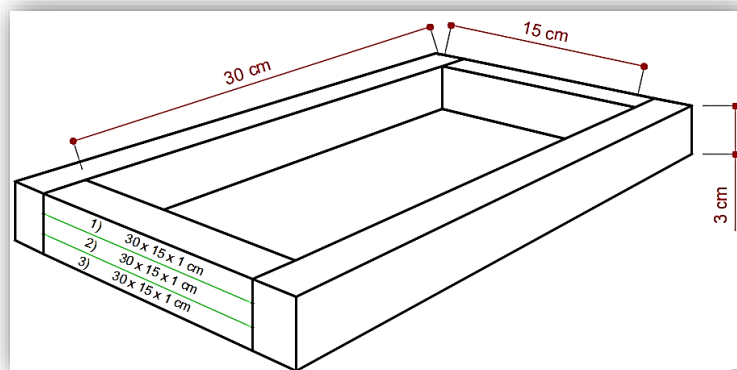


Figura 38. Diseño de Probeta de 30 x 15 x 3 cm

Fuente: Elaboración Propia (Software: AUTOCAD).

La placa terminada va a tener un formato cuadrado de 30 x 30 x 3 cm, pero se realizan muestras rectangulares de 30 x 15 x 3 cm, para poder ensayarlas a la flexión ya que con prototipos de forma cuadrada no se puede efectuar el ensayo mencionado.

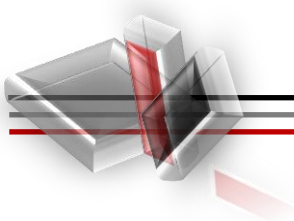
La muestra se elaboró en tres capas de 30 x 15 x 1 cm, cada una para evitar la sedimentación del material, esperando entre 20-30 minutos para el curado y aplicación de la siguiente capa.

Tabla 22.

Dosificación Preliminar: 0.00045 m³ - (Hormigón 100%)

AGUA	0.0896 KG	89.55 GR
CEMENTO	0.1571 KG	157.10 GR
GRAVA	0.5436 KG	543.62 GR
ARENA	0.2689 KG	268.90 GR

Fuente: Elaboración Propia.



- **Corrección de la cantidad de agua:**

Fórmula:

$$W_w = WS \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$

W_w = Peso Agua

WS = Peso Seco

%W = Porcentaje de humedad

%Abs = Porcentaje de absorción

$$W_w(\text{grava}) = 0.5436 \times \frac{(2.42 - 4.19)}{100} = -0.0096$$

$$W_w(\text{arena}) = 0.2689 \times \frac{(2.77 - 3.68)}{100} = -0.0024$$

$$\begin{aligned} \text{Agua Total} &= 0.0896 + 0.0096 + 0.0024 \\ &= 0.1016 \text{ kg} = \mathbf{101.60 \text{ gr}} \end{aligned}$$

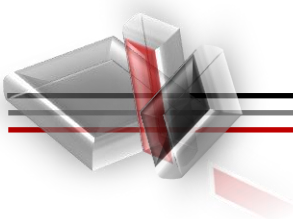
Fórmula:

$$WH = WS \left(1 + \frac{W}{100} \right)$$

WH = Peso Humedo

$$WH(\text{grava}) = 543.62 \left(1 + \frac{2.42}{100} \right) = \mathbf{556.78 \text{ gr}}$$

$$WH(\text{arena}) = 268.90 \left(1 + \frac{2.77}{100} \right) = \mathbf{276.35 \text{ gr}}$$



La tabla con la corrección de agua queda modificado de la siguiente manera:

Tabla 23.

Dosificación Preliminar: 0.00045 m³ - (Hormigón 100%)

AGUA	101.60 GR
CEMENTO	157.10 GR
GRAVA	556.78 GR
ARENA	276.35 GR

Fuente: Elaboración Propia

Dosificación final con el 1% de hormigón:

Tabla 24.

Dosificación Final: 0.00045 m³ - (Hormigón 1%)

AGUA	1.02 GR
CEMENTO	1.57 GR
GRAVA	5.57 GR
ARENA	2.76 GR

Fuente: Elaboración Propia

- **Cálculo de resina:**

$$\text{Volumen} = 30 \times 15 \times 1 \text{ cm} = 450 \text{ cm}^3$$

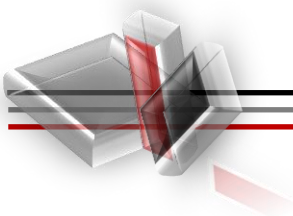
$$\text{Fórmula: } P = \delta \times V$$

Donde:

P = Peso

δ = densidad del material

V = Volumen



$$P = \frac{1.15 \text{ gr}}{\text{cm}^3} \times 450 \text{ cm}^3$$

P. resina (100%) = 517.50 gr

P. resina (99%) = 512.33 gr

P. resina – estireno = 512.33 – 76.85 gr

P. resina = 435.48 gr (para cada capa).

El porcentaje de resina se reduce cuando es mezclada con estireno para diluir la resina. Para aquello se calcula la cantidad de estireno que necesitamos y entre ambos materiales compenzamos la cantidad calculada.

- **Cálculo de Estireno:**

$X = 76.85 \text{ gr (cantidad de estireno) // R.}$

Tabla 25.

Dosificación Final: 0.00045 m³ - (Hormigón 1% + Resina 99%)

MATERIAL	100% MATERIAL	1% HORMIGÓN	99% RESINA
AGUA	101.60 GR	1.02 GR	
CEMENTO	157.10 GR	1.57 GR	
GRAVA	556.78 GR	5.57 GR	
ARENA	276.35 GR	2.76 GR	
RESINA	512.33 GR		435.48 GR
ESTIRENO			76.85 GR
MEK			7.68 ML
COBALTO			1.02 ML

Fuente: Elaboración Propia

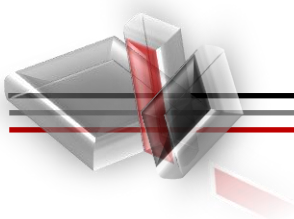


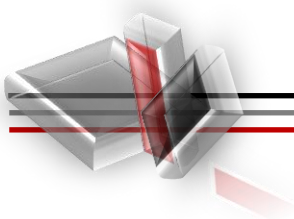


Figura 39. Procedimiento Para la Elaboración de la Muestra de Resina + Hormigón.

Fuente: Autor, 2018.

2.9.8 MUESTRA FINAL DE 30 x 30 x3 cm: HORMIGÓN (1%) + RESINA (99%).

La placa terminada va a tener un formato cuadrado de 30 x 30 x 3 cm. Se elaboró en tres capas de 30 x 30 x 1 cm, cada una para evitar la sedimentación del material, esperando entre 20-30 minutos para el curado y aplicación de la siguiente capa. Se llegó a decidir la dosificación



mencionada porque fue la única que permitió un resultado notorio de translucidez versus las muestras hechas anteriormente.

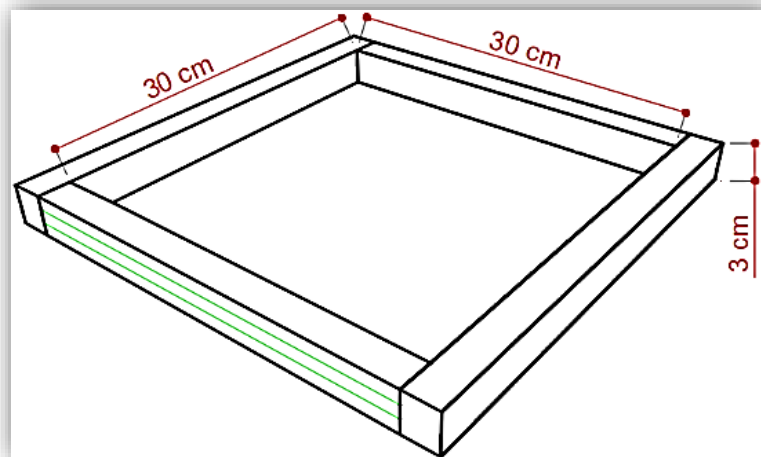


Figura 40. Diseño de Probeta de 30 x 30 x 3 cm

Fuente: Elaboración Propia (Software: AUTOCAD).

Tabla 26.

Dosificación Preliminar: 0.0009 m³ - (Hormigón 100%)

AGUA	0.1791 KG	179.10 GR
CEMENTO	0.3142 KG	314.20 GR
GRAVA	1.0872 KG	1.087,20 GR
ARENA	0.5378 KG	537.80 GR

Fuente: Elaboración Propia

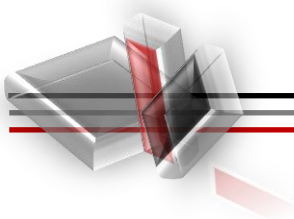
- **Corrección de la cantidad de agua:**

Fórmula:

$$W_w = W_S \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$

W_w = Peso Agua

W_S = Peso Seco



%W = Porcentaje de humedad

%Abs = Porcentaje de absorción

$$Ww(\text{grava}) = 1.0872 \times \frac{(2.42 - 4.19)}{100} = -0.0192$$

$$Ww(\text{arena}) = 0.5378 \times \frac{(2.77 - 3.68)}{100} = -0.0049$$

$$\begin{aligned} \text{Agua Total} &= 0.1791 + 0.0192 + 0.0049 \\ &= 0.2032 \text{ kg} = \mathbf{203.20 \text{ gr}} \end{aligned}$$

Fórmula:

$$WH = WS \left(1 + \frac{W}{100} \right)$$

WH = Peso Humedo

$$WH(\text{grava}) = 1.087,20 \left(1 + \frac{2.42}{100} \right) = \mathbf{1.113,51 \text{ gr}}$$

$$WH(\text{arena}) = 537.80 \left(1 + \frac{2.77}{100} \right) = \mathbf{552.70 \text{ gr}}$$

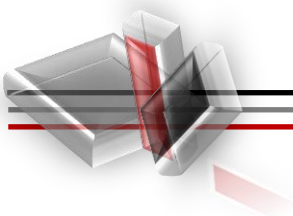
La tabla con la corrección de agua queda modificado de la siguiente manera:

Tabla 27.

Dosificación Preliminar: 0.0009 m³ - (Hormigón 100%)

AGUA	203.20 GR
CEMENTO	314.20 GR
GRAVA	1.113,51 GR
ARENA	552.70 GR

Fuente: Elaboración Propia



Dosificación final con el 1% de hormigón:

Tabla 28.

Dosificación Final: 0.0009 m³ - (Hormigón 1%)

AGUA	2.03 GR
CEMENTO	3.14 GR
GRAVA	11.14 GR
ARENA	5.53 GR

Fuente: Elaboración Propia

- **Cálculo de resina:**

$$\text{Volumen} = 30 \times 30 \times 1 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^3$$

Fórmula: $P = \delta \times V$

Donde:

P = Peso

δ = densidad del material

V = Volumen

$$P = \frac{1.15 \text{ gr}}{\text{cm}^3} \times 900 \text{ cm}^3$$

$$P. \text{ resina (100\%)} = 1.035 \text{ gr}$$

$$P. \text{ resina (99\%)} = 1.024,65 \text{ gr}$$

$$P. \text{ resina} - \text{ estireno} = 1.024,65 - 153,70 \text{ gr}$$

$$P. \text{ resina} = 870,95 \text{ gr (para cada capa).}$$

El porcentaje de resina se reduce cuando es mezclada con estireno para diluir la resina. Para esto se calcula la cantidad de estireno que necesitamos y entre ambos materiales compenzamos la cantidad calculada.

- **Cálculo de Estireno:**

$$X = 153,70 \text{ gr (cantidad de estireno) //R.}$$

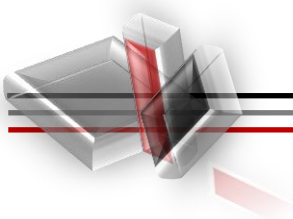


Tabla 29.

Dosificación Final: 0.0009 m³ - (Hormigón 1% + Resina 99%)

MATERIAL	100% MATERIAL	1% HORMIGÓN	99% RESINA
AGUA	203.20 GR	2.03 GR	
CEMENTO	314.20 GR	3.14 GR	
GRAVA	1.113,51 GR	11.14 GR	
ARENA	552.70 GR	5.53 GR	
RESINA	1.035 GR		870.95 GR
ESTIRENO			153.70 GR
MEK			15.37 ML
COBALTO			2.05 ML

Fuente: Elaboración Propia

2.10 ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE HORMIGÓN + FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA

2.10.1 MUESTRA DE 30 x 15 x 3 cm: HORMIGÓN (97.5%) + FIBRA ÓPTICA (2.5%)

La muestra fue realizada en un molde con medidas de 30 x 15 x 3 cm; para poder ser sometida a ensayos de flexión, en total se realizaron 3 muestras y el procedimiento es detallado a continuación:

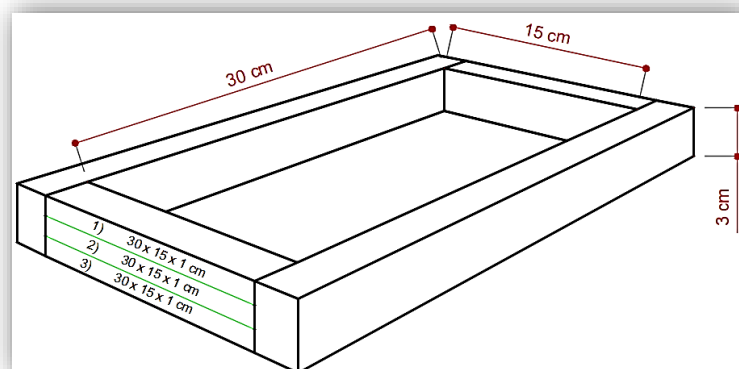
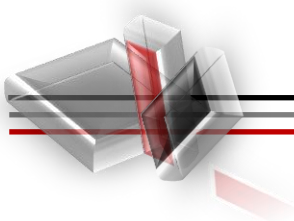


Figura 38. Diseño de Probeta de 30 x 15 x 3 cm.

Fuente: Elaboración Propia (Software: Autocad 2017).



PROCEDIMIENTO:

1. Se diseñó una plantilla cortada a laser, para poder trazar el perfil de la muestra y los puntos donde van a ser asentados las piezas de fibra óptica. (Para el trazado y como base para el molde se utilizó un segmento de vidrio de 5mm de espesor y con medidas de 38 x 38 cm).
2. La base de vidrio y el molde de madera deben estar totalmente limpios y humectados con un tipo de desmoldante, se utilizó vaselina neutra.
3. Con pegamento cemento de contacto, adherimos las piezas de fibra óptica a la base de vidrio, en los puntos trazados anteriormente. (El número de piezas representa el 2,5% del área total).
4. Se pesa las cantidades de grava, arena, cemento y agua; porcentajes que se obtienen en el cálculo de diseño del hormigón.

Tabla 30.

Dosificación: 0.0015 m³ - (Hormigón)

MATERIAL	PESO
AGUA	298.50 GR
CEMENTO	523.68 GR
GRAVA	1812.06 GR
ARENA	896.33 GR

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo del hormigón se hizo para el volumen total del molde (0.00135 m³), sumando el 10% del valor conseguido, por el material desperdiciado cuando se vierte en el molde.

5. Mezclar los agregados, agua y el cemento; hasta conseguir una pasta trabajable.
6. Vertimos la mezcla en el molde; golpear suavemente con un martillo de hule para remover el material y eliminar el aire encapsulado.
7. Con una llana para alisar se enrasa el molde, retirando el sobrante del hormigón para trabajar el acabado de la cara superior, dejándola perfectamente plana y lisa.

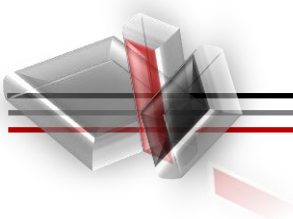




Figura 41. Alisado de la Superficie Superior de la Muestra.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

8. Se deja la muestra durante las próximas 24 horas sobre una superficie plana y en un lugar libre de vibraciones para que se cure lo suficiente para el desencofrado.
9. Desencoframos la muestra y consecutivamente la pulimos para destapar los poros de la fibra óptica por donde se va a transmitir la luz.



Figura 42. Desencofrado y Pulido de la Muestra.

Fuente: Autor, 2018. (Taller Mecánico Automotriz).

10. Llevamos las muestras a sumerjirlas en agua, donde van a tener su posterior curado hasta la fecha programada para su ensayo.

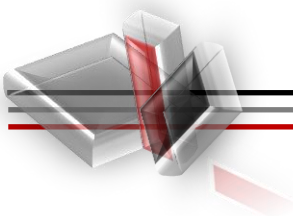




Figura 43. Curado de la Muestra.

Fuente: Autor, 2018.

11. Un día antes del ensayo a la flexión, se da el terminado con una pequeña capa de resina transparente (vidrio líquido), que va a servir como impermeabilizante y le da un brillo especial simulando al barniz en la madera.

2.10.2 MUESTRA FINAL DE 30 x 30 x 3 cm: HORMIGÓN (97.5%) + FIBRA ÓPTICA (2.5%)

El molde es hecho con tiras de madera, fijadas con tornillos autorroscantes de 1" 1/2 color negro, para mas facilidad en el momento del desencofrado. La placa terminada va a tener un formato cuadrado de 30 x 30 x 3 cm.

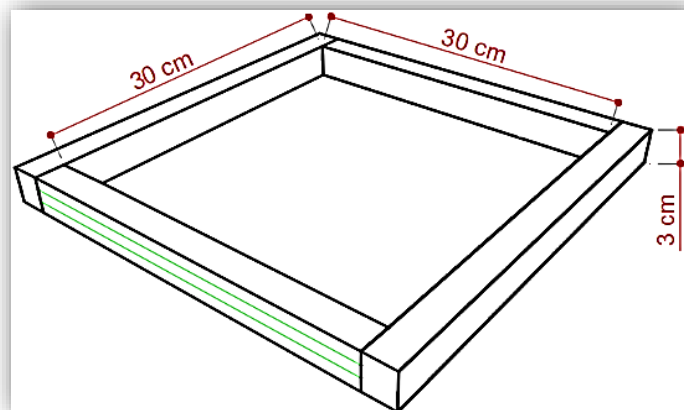
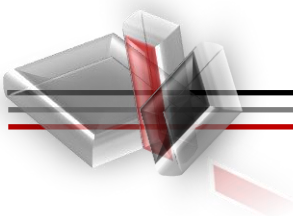


Figura 40. Diseño de Probeta de 30 x 15 x 3 cm.

Fuente: Elaboración Propia (Software: Autocad 2017).



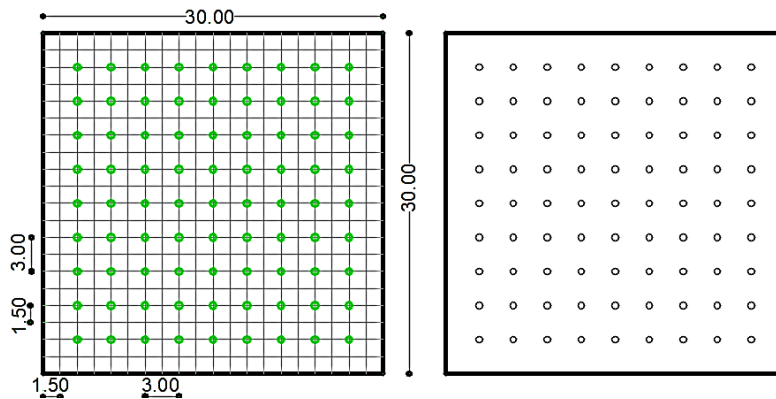


Figura 44. Malla y Diseño de la Muestra (Fibra Óptica)..

Fuente: Elaboración Propia (Software: Autocad 2017).

La figura 44, indica el diseño de la muestra y la distribución que va a tener la fibra óptica por toda el área; la separación entre fibras es de 3 cm., espacio suficiente para que ingrese sin problema el árido grueso, obteniendo una malla de forma lineal con 9 filas - 9 columnas y un total de 81 unidades de fibra óptica que representa el 2.5 % del área total.

PROCEDIMIENTO:

1. Se diseñó una plantilla cortada a laser, para poder trazar el perfil de la muestra y los puntos donde van a ser asentados las piezas de fibra óptica. (Para el trazado y como base para el molde se utilizó un segmento de vidrio de 5mm de espesor y con medidas de 38 x 38 cm).

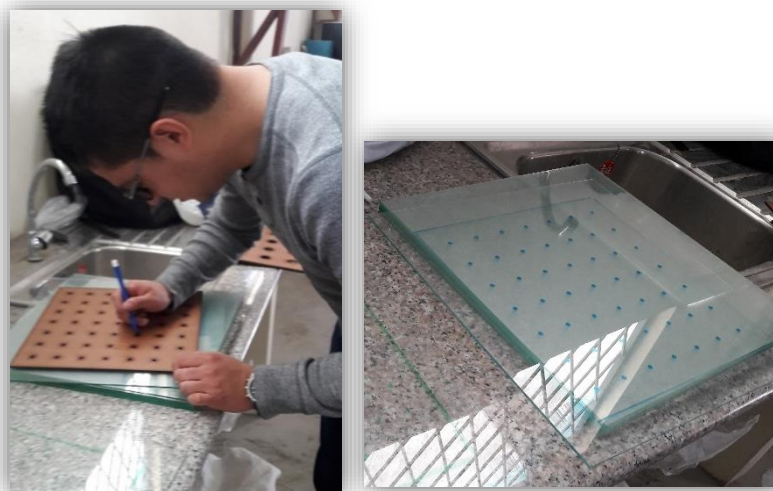
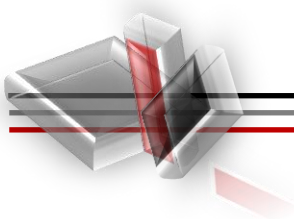


Figura 45. Trazado de Puntos Donde se va a Colocar la Fibra Óptica.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).



2. La base de vidrio y el molde de madera deben estar totalmente limpios y humectados con un tipo de desmoldante, para el caso se utilizó vaselina neutra.
3. Con pegamento cemento de contacto, adherimos las piezas de fibra óptica a la base de vidrio, en los puntos trazados anteriormente.

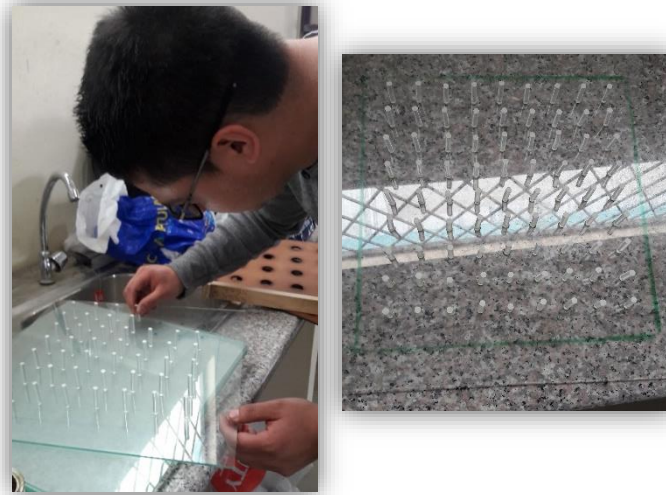


Figura 46. Colocado de la Fibra Óptica en la Base de Vidrio.
Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

4. Se pesa la cantidad de grava, arena, cemento y agua; porcentajes que se obtienen en el cálculo de diseño del hormigón.

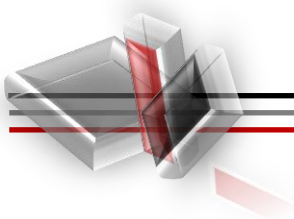
Tabla 31.

Dosificación: 0.0030 m³ - (Hormigón)

MATERIAL	PESO
AGUA	597.00 GR
CEMENTO	1.047,36 GR
GRAVA	3.624,12 GR
ARENA	1.792,65 GR

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo del hormigón se hizo para el volumen total del molde (0.0027 m³), sumando el 10% del valor conseguido, por el material desperdiciado cuando se vierte en el molde.



5. Mezclar los agregados, agua y el cemento; hasta conseguir una pasta trabajable.



Figura 47. Mezclado del Hormigón.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

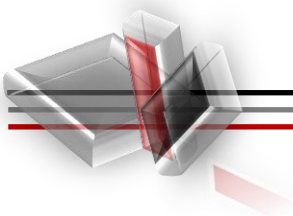
6. Vertimos la mezcla en el molde; golpear suavemente con un martillo de hule para remover el material y eliminar el aire encapsulado.
7. Con una llana para alisar se enrasa el molde, retirando el sobrante del hormigón para trabajar el acabado de la cara superior dejándola perfectamente plana y lisa.



Figura 48. Muestra Alisada con Llana (Poros de Fibra Óptica Cubiertos).

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

8. Se deja la muestra durante las próximas 24 horas sobre una superficie plana y en un lugar libre de vibraciones para que se cure lo suficiente para el desencofrado.



9. Pulimos la muestra para destapar los poros de la fibra óptica por donde se va a transmitir la luz.



Figura 49. Pulido de la Muestra.

Fuente: Autor, 2018. (Taller Mecánico).

10. Desencoframos la muestra y consecutivamente llevamos las muestras a sumerjirlas en agua, donde van a tener su posterior curado.



Figura 50. Desencofrado de la Muestra.

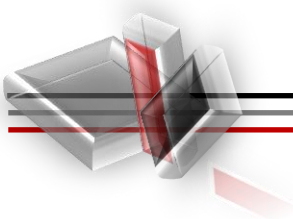
Fuente: Autor, 2018. (Taller Mecánico).

11. Curado el hormigón, se aplica una pequeña capa de resina transparente (vidrio líquido), para su terminado en todas las carass de la muestra, que al mismo tiempo sirve como impermeabilizante y se consigue un brillo especial simulando al barniz en la madera.



Figura 51. Aplicación de Resina para el Terminado de la Muestra.

Fuente: Autor, 2018. (Taller Mecánico).



2.10.3 MUESTRA FINAL DE 30 x 30 x 3 cm: HORMIGÓN (91.75%) + FIBRA ÓPTICA (8.25%).

El molde es hecho con tiras de madera, fijadas con tornillos autorroscantes de 1" 1/2 color negro, para mas facilidad en el momento del desencofrado. La placa terminada va a tener un formato cuadrado de 30 x 30 x 3 cm.

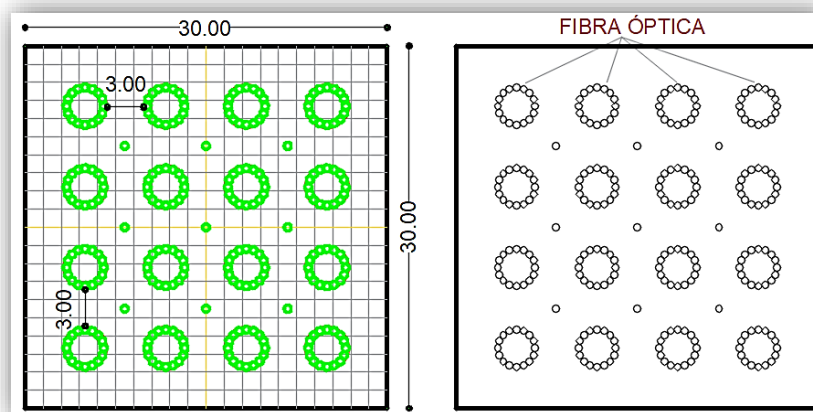


Figura 52. Malla y Diseño de la muestra (fibra óptica).

Fuente: Elaboración Propia (Software: Autocad 2017).

La Figura 52 , indica el diseño de la muestra y la distribución que va a tener la fibra óptica; esta vez buscamos otra forma de diseño que se diferencie a la anterior, por eso se optó en formar circunferencias y poder colocar un mayor número de piezas de fibra óptica. La separación entre circunferencias es de 3 cm., espacio suficiente para que ingrese sin problema el árido grueso, obteniendo una malla de 16 circunferencias con 16 fragmentos de fibra cada una, agregando una más en el centro de 4 círculos, utilizando un total de 265 unidades de fibra óptica que representa el 8.25 % del área total.

PROCEDIMIENTO:

1. Se diseñó una plantilla cortada a laser, para trazar el perfil de la muestra y los puntos donde van a ser asentados las piezas de fibra óptica. (Para el trazado y como base para el molde se utilizo un segmento de vidrio de 5mm de espesor y con medidas de 38 x 38 cm).

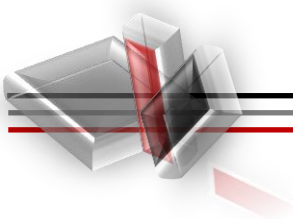




Figura 53. Trazado de Puntos Donde se va a Colocar la Fibra Óptica.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

2. La base de vidrio y el molde de madera deben estar totalmente limpios y humectados con un tipo de desmoldante, en el caso se utilizó vaselina neutra.
3. Con cinta masking y cemento de contacto formamos las circunferencias con la fibra óptica.

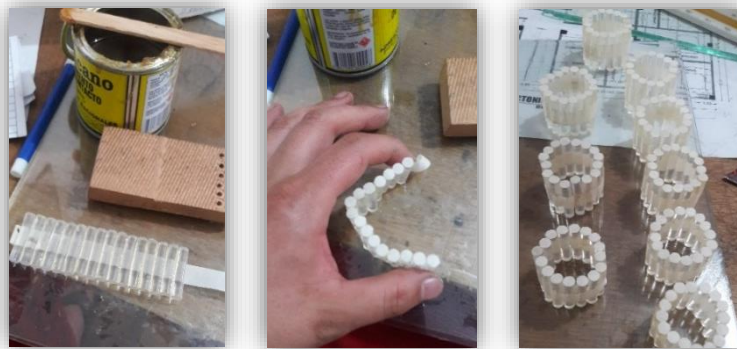


Figura 54. Elaboración de Circunferencias de Fibra Óptica.

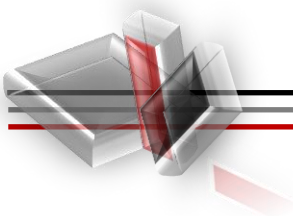
Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

4. Con pegamento cemento de contacto, adherimos las piezas de fibra óptica a la base de vidrio, en los puntos trazados anteriormente.



Figura 55. Colocado de la Fibra Óptica en la Base de Vidrio.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).



5. Pesamos las cantidades de grava, arena, cemento y agua; porcentajes que se obtienen del cálculo en el diseño del hormigón.

Tabla 32.

Dosificación: 0.0030 m³ - (Hormigón)

MATERIAL	PESO
AGUA	597.00 GR
CEMENTO	1.047,36 GR
GRAVA	3.624,12 GR
ARENA	1.792,65 GR

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo del hormigón se hizo para el volumen total del molde (0.0027 m³), sumando el 10% del valor conseguido, por el material desperdiciado cuando se vierte en el molde.

6. Mezclar los agregados, agua y el cemento; hasta conseguir una pasta trabajable. (En la mezcla se utilizó un pigmento mineral de color rojo)



Figura 56. Mezclado del Hormigón.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

7. Vertimos la mezcla en el molde; golpear suavemente con un martillo de hule para remover el material y eliminar el aire encapsulado.

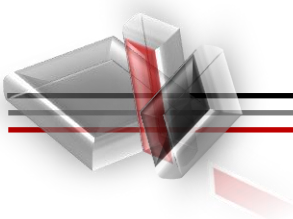




Figura 57. Vertido del Hormigón en el Molde con Fibra Óptica.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

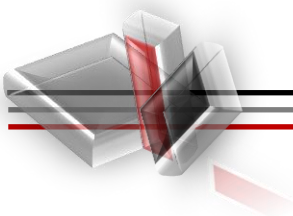
8. Con una llana para alisar se enrasa el molde, retirando el sobrante del hormigón para trabajar el acabado de la cara superior dejándola perfectamente plana y lisa.



Figura 58. Muestra Alisada con Llana (Poros de Fibra Óptica Cubiertos).

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

9. Se deja la muestra durante las próximas 24 horas sobre una superficie plana y en un lugar libre de vibraciones para que se cure lo suficiente para el desencofrado.
10. Pulimos la muestra para destapar los poros de la fibra óptica por donde se va a transmitir la luz.
11. Desencoframos la muestra y consecutivamente llevamos las muestras a sumergirlas en agua, donde van a tener su posterior curado.



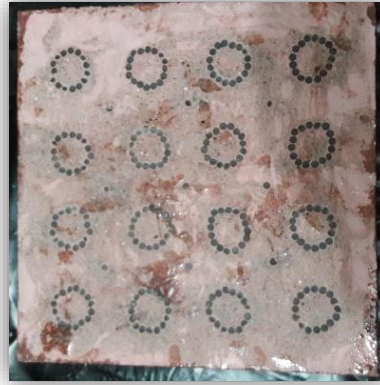


Figura 59. Desencofrado de la Muestra.
Fuente: Autor, 2018. (Taller Mecánico).

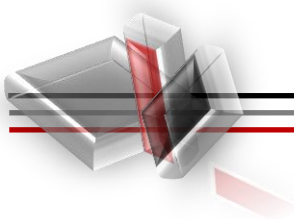
12. Curado el hormigón, se aplica una pequeña capa de resina transparente (vidrio líquido), para su terminado en todas las caras de la muestra, que al mismo tiempo sirve como impermeabilizante y se consigue un brillo especial simulando al barniz en la madera.



Figura 60. Muestra Terminada.
Fuente: Autor, 2018. (Taller Mecánico).

2.10.4 PROPUESTA DE PROTOTIPO

En el punto anterior se indica una muestra elaborada con una mezcla homogénea entre el hormigón y la resina; la propuesta expuesta a continuación pretende hacer un diseño, mostrando otra opción de uso de la resina sin mezclarlo con el hormigón, sino formando volúmenes por separado, que a la vez van a ser puntos focales por donde va a pasar la luz e iluminar de mejor forma los espacios, en su utilización en muros.



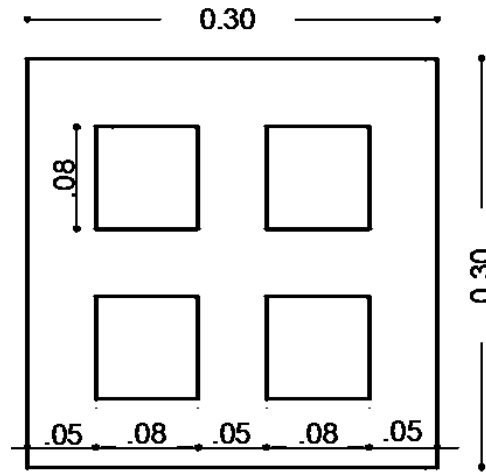


Figura 61. Diseño - Forma de la Muestra Propuesta
Fuente: Elaboración Propia (Software: AUTOCAD).

PROCEDIMIENTO:

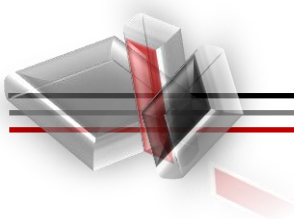
1. Se diseñó una plantilla cortada a laser, para poder trazar el perfil de la muestra y los espacios donde se va a aplicar la resina. (Para el trazado y como base para el molde de madera se utilizó un segmento de vidrio de 5mm. de espesor y con medidas de 38 x 38 cm.
2. La base de vidrio y el molde de madera deben estar totalmente limpios y humectados con un tipo de desmoldante, en este caso se utilizó vaselina neutra.
3. Se pesa la cantidad de grava, arena, cemento, agua y resina; porcentajes que se obtienen en el cálculo de diseño del hormigón.

Tabla 33.

Dosificación: 0.0021 m³ - (Hormigón)

MATERIAL	PESO
AGUA	417.90 GR
CEMENTO	733.15 GR
GRAVA	2.536,88 GR
ARENA	1.254,86 GR

Fuente: Elaboración Propia



El cálculo del hormigón se hizo para el volumen restado los espacios donde se va a colocar la resina, sumando el 10% del valor conseguido por el material desperdiciado a la hora del vertido en el molde.

Tabla 34.

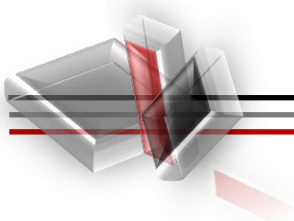
Dosificación Final: 0.0009 m³ - (Resina)

MATERIAL	100% MATERIAL	1% HORMIGÓN	99% RESINA
RESINA	1.035 GR		870.95 GR
ESTIRENO			153.70 GR
MEK			15.37 ML
COBALTO			2.05 ML

Fuente: Elaboración Propia

La cantidad de material mostrado en el cuadro N° 33 , es para cubrir cada capa de 1cm., en los 4 espacios diseñados para el vertido de la resina.

4. Cortar 4 cubos de espuma flex con medidas de 8 x 8 cm y 3 cm., de espesor para colocar sobre las marcas donde va a ir colocada la resina.
5. Mezclar los agregados, agua y el cemento; hasta conseguir una pasta trabajable. (Para la realización de la muestra propuesta se utilizó un pigmento mineral de color rojo).
6. Vertemos la mezcla en el molde; golpear suavemente con un martillo de hule para remover el material y eliminar el aire encapsulado.
7. Con una llana para alisar se enrasa el molde, retirando el sobrante del hormigón para trabajar el acabado de la cara superior dejándola perfectamente plana y lisa.
8. Se deja la muestra durante las próximas 24 horas sobre una superficie plana y en un lugar libre de vibraciones para que se cure lo suficiente para el desencofrado. Pasadas las 24 horas con un estilete se quitan las piezas de espuma flex.



9. Mezclar los porcentajes de resina para cubrir los 4 espacios, trabajados en 3 capas de 1 cm para tener mayor transparencia cuando se tengan fraguados los 3cm de resina (Entre cada capa se espera un lapso de 20 – 30 minutos para su curado).
10. Desencoframos la muestra y consecutivamente la pulimos para poder dar el terminado con una pequeña capa de resina transparente (vidrio líquido).

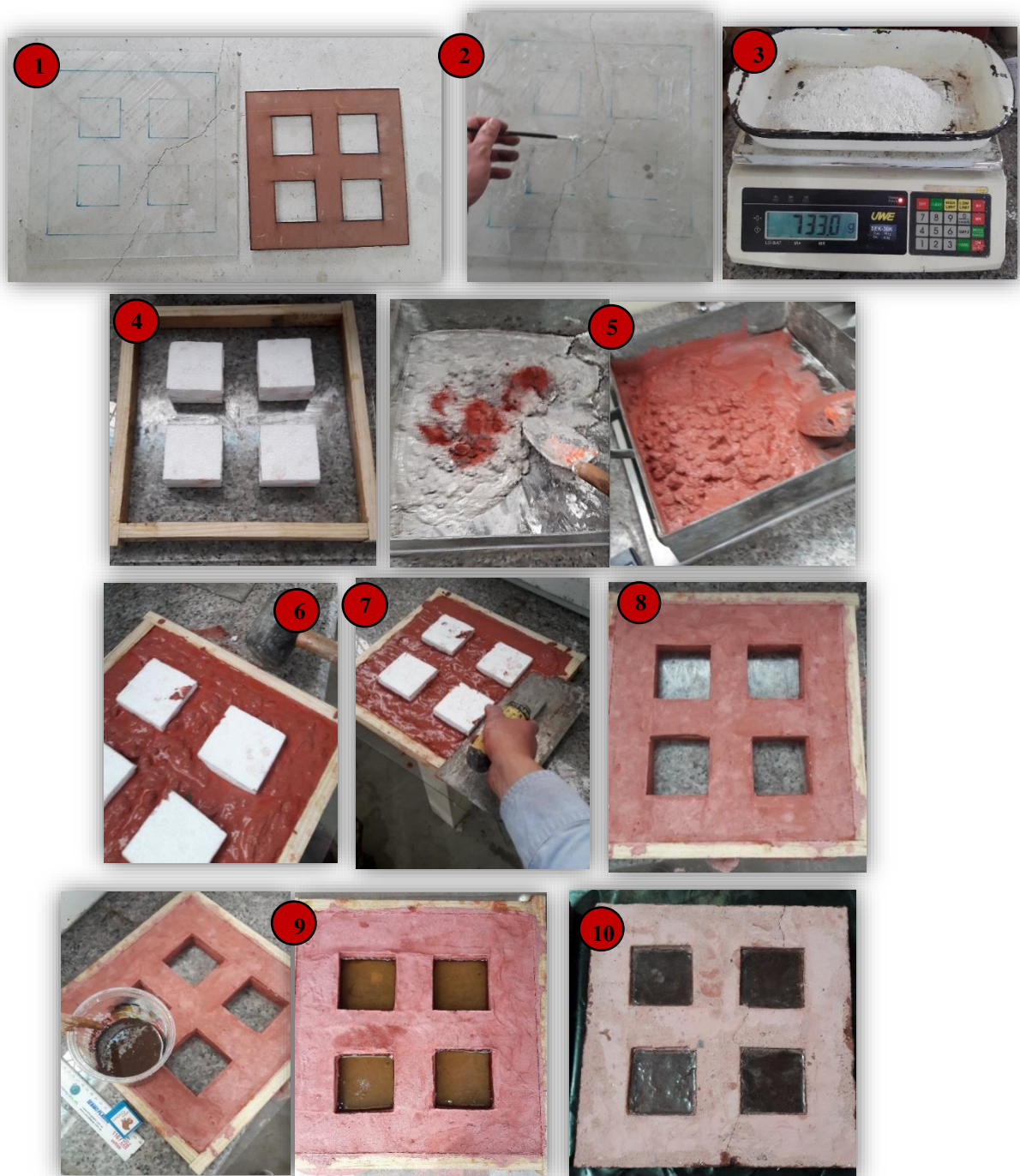
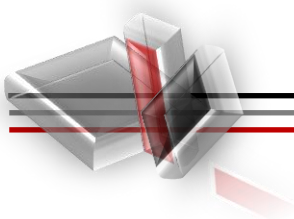


Figura 62. Procedimiento Para la Elaboración de la Muestra Propuesta.
Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).



CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS (ENSAYOS MECÁNICOS Y FÍSICOS)

3.1 ENSAYOS DE COMPRESIÓN

El ensayo a la compresión no es más que la rotura de probetas o muestras, donde se utiliza una prensa mecánica que comprime la probeta hasta causarle una fisura, obteniendo así la carga máxima y la calidad del hormigón según la resistencia que puede alcanzar.

El ensayo a la compresión, se realizó a los cilindros de hormigón tradicional, es decir sin ninguna adición para obtener la resistencia necesaria en las muestras. De la misma manera se determinó la carga que resiste los cubos de resina poliéster, cilindros de hormigón más fibra de vidrio, y las muestras de hormigón con adición de resina poliéster.

3.1.1 PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL

3.1.1.1 ROTURA DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN (MÉTODO DE FULLER)

Desencontradas las tres probetas, se notó uniformidad en sus muestras y con un acabado en su superficie totalmente lisa y sin deformidades que puedan afectar la resistencia del hormigón. (Ver figura 63 - A).

Una vez cumplido el tiempo de curado para cada una de las probetas según el cronograma establecido, se deben pesar y medir las muestras (Ver figura 63 - B), para luego someterlas a ensayos a la compresión en la prensa mecánica (Ver figura 63 - C).

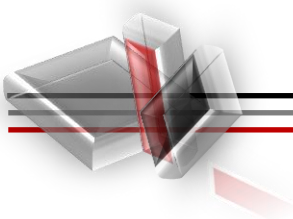




Figura 63. Ensayo a la Compresión de las Probetas Cilíndricas de Hormigón- Método de Fuller.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

Tabla 35.

Ensayo a la Compresión de los Cilindros Elaborados por el Método de Fuller.

N°	Peso de la Probeta	Dimensiones		Edad Ensayo (días)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
1	3.889,00	20,1	10,1	7	19.761,38	241,84
2	3.816,00	20,2	10,1	14	26.100,34	332,33
3	3.828,00	20,2	10,1	28	28.265,41	359,89

Fuente: Elaboración Propia.



En la Tabla 35, se muestran los resultados del ensayo a la compresión efectuados a los cilindros de hormigón diseñados bajo el método de Fuller, para una resistencia de 210.00 kg/cm². Se aprecia que la probeta #1 es la de menor resistencia debido a su corto tiempo de curado; aunque con 241.84 kg/cm² supera la resistencia para la que fue diseñada. Luego del análisis previo se pudo determinar que la probeta #3, cumplidos los 28 días de curado como dice la norma, fue la de mayor resistencia con 359.89 kg/cm². Las tres probetas ensayadas presentan excelentes condiciones en su geometría, por lo que no hay mayores inconvenientes en el momento de su rotura y sobrepasan el valor antes mencionado, la resistencia del concreto es óptima, consiguiendo así un hormigón de buena calidad. La resistencia promedio fue de 311.35 kg/cm² (Ver Anexo N° 9 - cuadro completo).

3.1.1.2 ROTURA DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN (MÉTODO GRÁFICO).

Desencofradas las probetas, se notó uniformidad en su geometría y con superficies lisas sin disgregación de material que puede afectar la resistencia del hormigón cuando se procede a su rotura en la prensa mecánica (Ver figura 64 - A). La (figura 64 - B), muestra las probetas en inmersión para su segunda etapa de curado. Los cilindros permanecieron en la piscina durante los días establecidos para su rotura. Se evidencia que las probetas no presentan ningún tipo de segregación en su acabado, logrando obtener un material totalmente uniforme.

Finalmente se procede con el ensayo a la compresión en la prensa mecánica, ejerciendo sobre las probetas cilíndricas una carga para su rotura y encontrar así la resistencia máxima del hormigón (Ver figura 64 - C).



Figura 64. Ensayo a la Compresión de las Probetas Cilíndricas de Hormigón - Método Gráfico.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

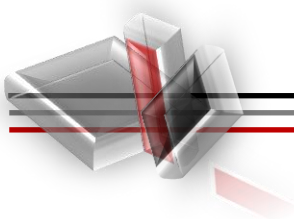


Tabla 36.

Ensayo a la Compresión de los Cilindros Elaborados por el Método Gráfico

N°	Peso de la Probeta	Dimensiones		Edad Ensayo (días)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
1	3.808,50	20,2	10,1	7	17.696,63	225,32
2	3.813,00	20,2	10,1	14	23.307,53	296,76
3	3.834,50	20,2	10,1	28	25.350,64	323,35

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 36, se muestran los resultados del ensayo a la compresión de los cilindros de hormigón diseñados bajo el método gráfico para una resistencia de 210.00 kg/cm². Se aprecia que la probeta #1 es la de menor resistencia debido a su corto tiempo de curado; pero con 225.32 kg/cm² supera la resistencia para la que fue diseñada. Luego del análisis previo se pudo determinar que la probeta #3, cumplidos los 28 días de curado como dice la norma, fue la de mayor resistencia con 323.35 kg/cm². Las tres probetas ensayadas presentaban excelentes condiciones en su geometría, por lo que no hay mayores inconvenientes en el momento de su rotura y sobrepasan el valor antes mencionado, la resistencia del concreto es óptima, consiguiendo así un hormigón de buena calidad. La resistencia promedio fue de 281.81 kg/cm². En conclusión el hormigón diseñado por el método gráfico presentó menor resistencia a la compresión, que el hormigón diseñado por el método de Fuller.

3.1.2 ROTURA DE PROBETAS CÚBICAS DE RESINA POLIÉSTER

Los cubos de resina fueron desencofrados a los 45 minutos de ser puesta la mezcla en la probeta. Como el curado es inmediato se procedió a la rotura del primer cubo 160 minutos después, los demás se ensayaron a los 7, 14, 21 y 28 días.

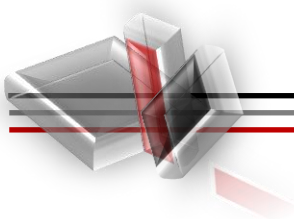




Figura 65. Rotura del Cubo # 3 de Resina Poliéster

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

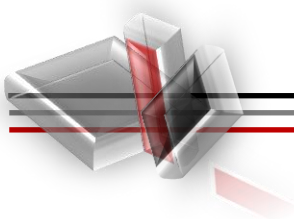
En la figura 65, se observa la prensa con los moldes para ensayar cubos. Se ilustra la rotura de la probeta #3, que presentó excelentes resultados a la compresión y se evidencia los datos del ensayo, llegando a una resistencia máxima de $105,981 \text{ Mpa} = 1.080,71 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 37.

Ensayo a la Compresión de Cubos Elaborados con Resina Poliéster.

N°	Peso de la Probeta	Dimensiones		Edad Ensayo (días)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
		Altura (cm)	Largo y ancho (cm)			
1	141,34	5,00	5,00	160 min	17.134,75	685,39
2	140,47	5,00	5,00	7	21.179,10	847,10
3	139,00	5,00	5,00	14	27.017,69	1.080,71
4	139,45	5,00	5,00	21	29.748,00	1.189,92
5	141,62	5,00	5,00	28	31.285,34	1.251,41

Fuente: Elaboración Propia



En la Tabla 37, se muestran los resultados del ensayo a la compresión de los cubos de resina poliéster, se aprecia que la resistencia de la resina es muy alta, tanto que podría considerarse un material estructural, más adelante veremos como se comporta a la flexión para poder corroborar dicha estimación. El peso de las muestras logradas disminuye en un 60% frente a los cubos hechos de hormigón. De la misma manera, cuadriplica la resistencia a la compresión del hormigón tradicional, obteniendo un material en excelentes condiciones para soportar carga. La probeta #1 logró una resistencia de 685,39 kg/cm², a los 160 minutos de curado, mientras que la probeta #5 ensayada a los 28 días de curado evidencia una resistencia de 1.251,41 kg/cm², durante ese lapso de tiempo la probeta #5 duplicó la resistencia de la primera muestra elaborada. La resistencia promedio fue de 1.010,91 kg/cm² (Ver Anexo N° 8 - cuadro completo). Cabe recalcar que todas las probetas cúbicas de resina presentaron una geometría uniforme, con un acabado liso en sus caras y aristas bien formadas.

3.1.3 ROTURA PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN + FIBRA DE VIDRIO

Desencofradas las tres probetas, se puede observar en la (figura 66 – A), que el acabado de los cilindros tenían irregularidades y espacios vacíos donde no se homogenizó bien el hormigón, por lo tanto afecta directamente a la resistencia del mismo.

En la (figura 66 – B), se ve la deformación de los cilindros, dicha característica se debió a que no se pudo compactar de manera correcta el hormigón cuando se colocó la mezcla en las probetas. El motivo fue que los hilos de fibra eran muy largos y en la mezcla se formaron masas de fibra imposibilitando así el asentamiento del hormigón. Finalmente se procede con el ensayo a la compresión en la prensa mecánica, ejerciendo sobre las probetas cilíndricas una carga para su rotura y encontrar así la resistencia máxima del hormigón (Ver figura 66 -C).



Figura 66. Probetas Cilíndricas de Hormigón + Fibra de Vidrio (Método de Fuller).

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

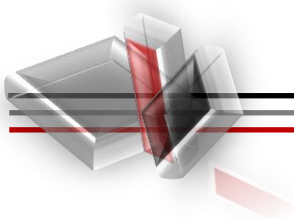


Tabla 38.

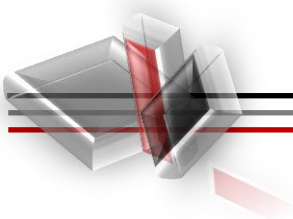
Ensayo a la Compresión de Cilindros Elaborados con Hormigón + Fibra De Vidrio
(Método De Fuller)

N°	Peso de la Probeta	Dimensiones		Edad Ensayo (días)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
1	3.627,50	20,3	10,1	7	8.416,26	103,00
2	3.669,50	20,2	10,1	14	12.250,81	155,99
3	3.701,00	20,3	10,1	28	14.477,93	184,33

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 38, se muestran los resultados del ensayo a la compresión de los cilindros de hormigón con adición fibra de vidrio, diseñados para una resistencia de 210.00 kg/cm². Se aprecia que la resistencia de la probeta #1 es muy deficiente en comparación a las primeras probetas ensayadas en los casos anteriores (Tabla 34 y 35), llegando a tener un aproximado del 50% de la resistencia de las probetas mencionadas. El cilindro ensayado a los 28 días de su curado es el de mayor resistencia, aproximándose a los 210.00 kg/cm² pero aún así no cumple con los requisitos para la cual fue diseñada. La probeta #1 presentó mayor porcentaje de disgregación de material por lo cual evidencia su baja resistencia al ser sometida a una carga, de igual manera la probeta #2 tenía deformidades y por último la probeta #3 fue la menos afectada, motivo por el que se decidió separarla para su rotura hasta los 28 días de curado, pero de la misma manera, no presentó un aumento significativo en su resistencia.

En conclusión se aprecia que la resistencia del concreto disminuyó considerablemente en relación a los ensayos anteriores de hormigón tradicional, obteniendo un material defectuoso y de mala calidad. La resistencia promedio fue de 147.77 kg/cm² (Ver Anexo N° 11 - cuadro completo).



3.1.4 PROBETAS CÚBICAS DE HORMIGÓN + RESINA POLIÉSTER

Anteriormente se pudo observar que la resistencia promedio del hormigón fue de de 311.35 kg/cm² (Ver Tabla 34) y en los ensayos realizados a la resina obtubimos una resistencia promedio de 1.010,91 kg/cm² (Ver Tabla 36); teniendo ambos ensayos excelentes resultados a la compresión. Ahora comprobaremos si la resistencia del hormigón + resina es afectada o aumenta en relación a la del hormigón tradicional.

DOSIFICACIONES:

a) Hormigón (80%) + Resina (20%)

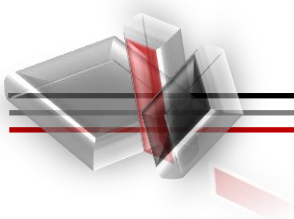
La dosificación Hormigón (80%) + Resina (20%) fracasó. No se pudo hacer la mezcla para formar los cubos, por el rápido fraguado de los materiales, obteniendo una masa seca en pocos minutos, imposibilitando la trabajabilidad de la misma (Ver figura 67 - A).

b) Hormigón (60%) + Resina (40%)

De las 3 experimentaciones, la única dosificación que funciono para formar un material sólido fue la adición de resina del 40%. La muestra se pudo fraguar facilmente, obteniendo un hormigón parecido al de los cilindros por el método de Fuller con un acabado mucho más liso pero sin ningún resultado de translucidez (Ver figura 67 - B).

c) Hormigón (40%) + Resina (60%)

La dosificación Hormigón (40%) + Resina (60%) fracasó. Una vez colocada la mezcla en los moldes cúbicos el fraguado fue muy lento, teniendo que esperar hasta 3 días sin obtener ningún resultado de curado en las muestras; sino más bien entraron a un proceso de deformación, por lo que se procedió a desechar los cubos (Ver figura 67 - C).



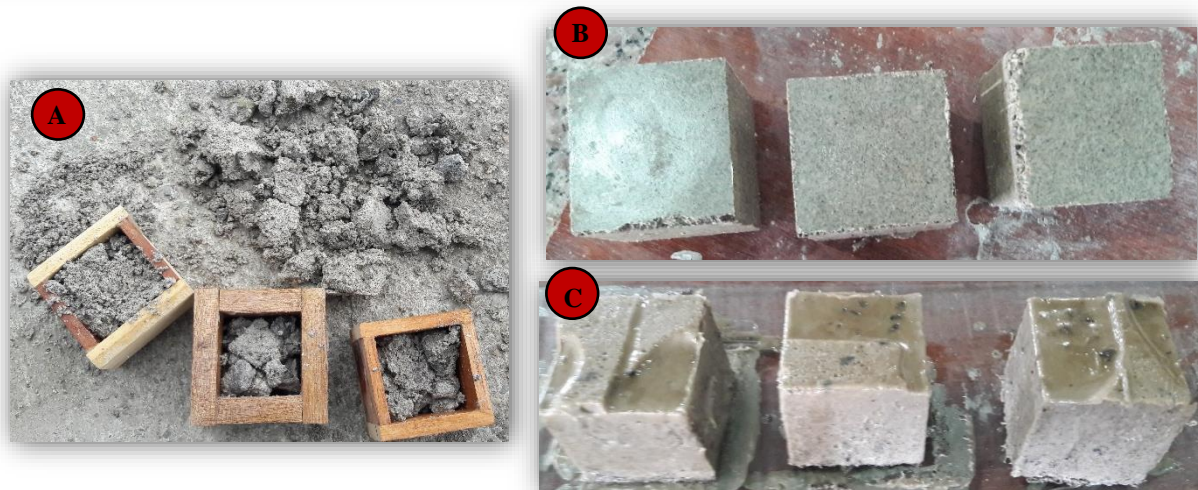


Figura 67. Probetas con las Dosificaciones de Hormigón + Resina.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

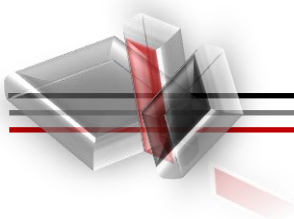
Tabla 39.

Ensayo a la Compresión de Cubos Elaborados con Hormigón (60%) + Resina (40%)

N°	Peso de la Probeta	Dimensiones		Edad Ensayo (días)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
1	227,85	5,00	5,00	3	6.946,25	277,85
2	231,91	5,00	5,00	7	7.128,53	285,14
3	242,30	5,00	5,00	14	7.519,08	300,77
4	259,5	5,00	5,00	21	8.371,75	334,87
5	264,49	5,00	5,00	28	8.949,00	357,96

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 39, se muestran los resultados del ensayo a la compresión de los cubos elaborados con una dosificación de hormigón (60%) + resina (40%), se aprecia que la resistencia del concreto con la adición de resina es muy parecida a la del hormigón tradicional por el método de Fuller;



por lo tanto la resistencia es muy buena. La resistencia promedio fue de $311,32 \text{ kg/cm}^2$ (Ver Anexo N° 12 - cuadro completo). El acabado de las probetas es mucho más liso que las probetas de hormigón tradicional, pero con la diferencia que presenta ciertas imperfecciones en sus aristas, que afectaron directamente a la calidad del material por su estética, más no en la resistencia ya que demostró buenos resultados.



Figura 68. Rotura Probeta #4 de Hormigón (60%) + Resina (40%).

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Arquitectura – Universidad de Cuenca).

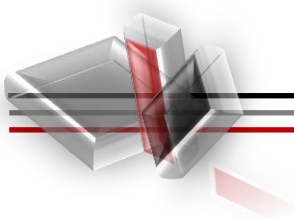
3.1.5 ELECCIÓN DEL HÓRMIGON A TRABAJAR

Tabla 40.

Resumen de Resistencia Promedio del Hormigón en los Ensayos de Compresión.

N°	TIPO DE HORMIGÓN	RESISTENCIA PROMEDIO
1	Hormigón Tradicional (Método de Fuller)	311.35 kg/cm^2
2	Hormigón Tradicional (Método Gráfico)	281.81 kg/cm^2
3	Hormigón + Fibra de Vidrio	147.77 kg/cm^2
4	Hormigón + Resina Poliéster	311,32 kg/cm^2

Fuente: Elaboración Propia



En la Tabla 40, se indica la resistencia promedio que se obtuvo en los diferentes hormigones ensayados; entre ellos, los que presentaron mejores resultados fue el hormigón tradicional por el método de Fuller y el hormigón con la adición de resina poliéster.

El hormigón elegido para trabajar en los siguientes procesos es el tradicional por cuatro importantes razones:

- Idéntica resistencia que el hormigón con adición de resina.
- Geometría uniforme en su acabado.
- Reducción de costos.
- Menor tiempo en mano de obra.

3.2 ENSAYOS A LA FLEXIÓN

El ensayo de flexión es para evaluar la deformación y la resistencia a la flexión de un material, ejerciendo una carga en el centro del elemento a analizar.

El ensayo de flexión, se realizó a las placas de hormigón tradicional + fibra óptica y resina poliéster + hormigón, ambas con dimensiones de 30 x 15 x 3 cm.

Para calcular la resistencia a la flexión o módulo de rotura se utiliza la siguiente fórmula:

$$MR = \left(\frac{3PL}{2bd^2} \right)$$

Donde:

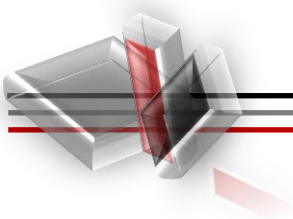
MR = Módulo de Rotura

P = La carga máxima

L = Luz entre los dos apoyos

b = ancho de la muestra

d = espesor de la muestra; debe ser medido antes del ensayo.



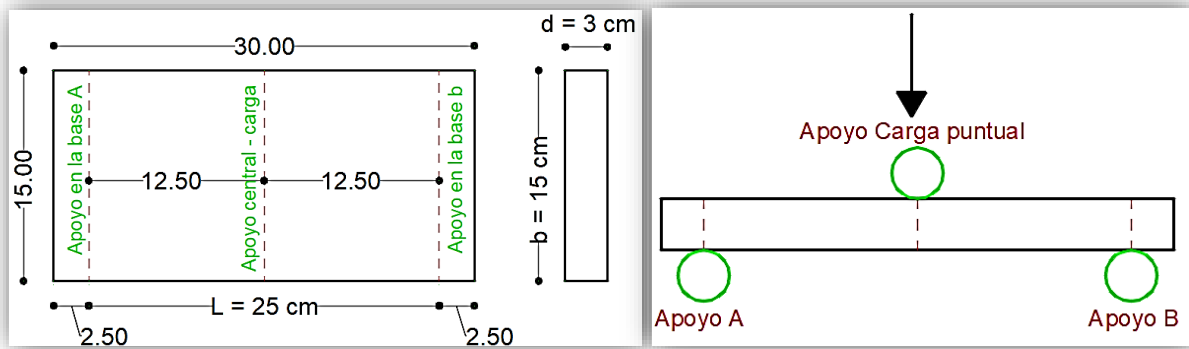


Figura 69. Vista en Planta y Frontal - Ubicación de los apoyos en la placa

Fuente: Elaboración Propia (Software AUTOCAD).

3.2.1 MUESTRA DE 30 x 15 x 3 cm DOSIFICACIÓN: HORMIGÓN (97.5%) + FIBRA ÓPTICA (2.5%)

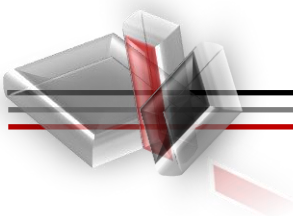


Figura 70. Probetas de Hormigón + Fibra Óptica.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca)

En la figura 70, se observan las placas de hormigón + fibra óptica que van a ser ensayadas a la flexión, las muestras presentarán un acabado plano en sus dos caras, lo cual va a permitir que la pieza se asiente de manera correcta y se desarrolle sin inconvenientes el ensayo.

Previo al ensayo de flexión las placas deben ser medidas en longitud y espesor, como se muestra en la (figura 71 – A); adicionalmente, se debe dejar señalado la ubicación de las varillas de apoyo en la base y en la parte superior la varilla central para la carga puntual.



En la (figura 71 – B), se ve el ajuste de la prensa mecánica para desarrollar ensayos a la flexión, para el siguiente procedimiento se adapta al brazo de carga una placa de acero de 7.5 cm y de la misma manera en la base.

En la (figura 71 – C), se observa la colocación de la placa y de las varillas de apoyo para iniciar el ensayo. La (figura 71 – D), muestra la placa fracturada con una fisuración en el tercio central como se dió en todas las placas ensayadas, dando como resultado módulos de rotura óptimos en un hormigón.

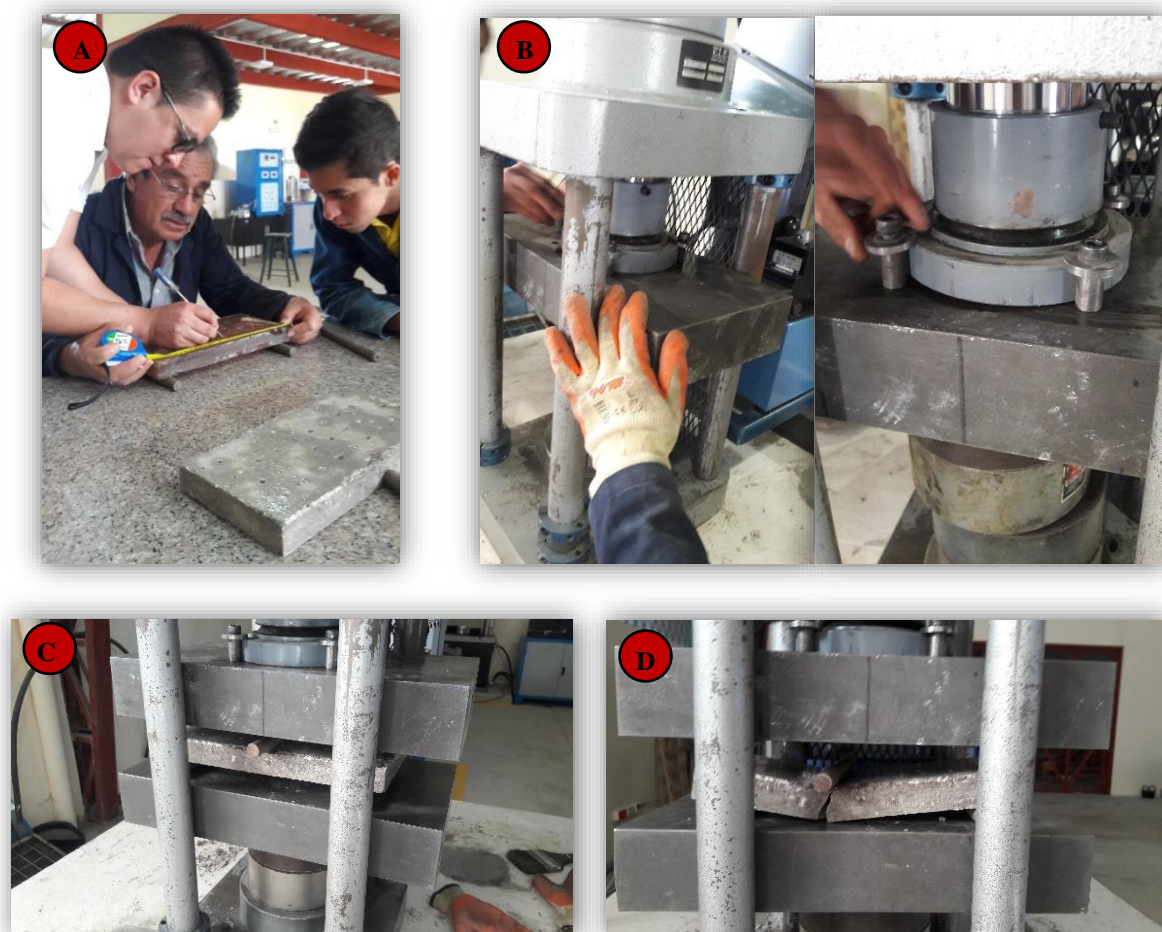
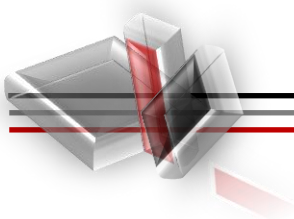


Figura 71. Proceso de Ensayo a la Flexión de Probetas - Hormigón + Fibra Óptica.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca)



Los valores de resultados del ensayo de flexión se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 41.

Ensayo a la Flexión de las Muestras de Hormigón + Fibra Óptica.

N°	Peso seco de la Muestra	Luz (cm)	b (cm)	d (cm)	Carga Máx. (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
1	2.885,40	25	15.0	3.00	130,61	36,28
2	2.934,60	25	15.1	3.2	183,57	44,52
3	3.040,90	25	14.9	3.0	190,14	53,17
4	3.053,20	25	15.2	3.1	213,03	54,69
5	3.116,80	25	15.0	3.15	242,82	61,18

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 40, se muestran los resultados del ensayo a la flexión de las placas de hormigón + fibra óptica, se estima que el módulo de rotura está dentro del rango aceptable, ya que si se hace una correlación con la resistencia a la compresión cumple con el porcentaje de compración que esta entre el 10 - 20%. La resistencia a la flexión tiene un promedio de 49,97 kg/cm² (Ver Anexo N° 14 - cuadro completo).

3.2.2 MUESTRA DE 30 x 15 x 3 cm. DOSIFICACIÓN: HORMIGÓN (1%) + RESINA (99%)

En la (figura 72 – A), se indica la medición de la longitud que tiene la placa antes del ensayo y como se obtiene el espesor de la placa por medio de un calibrador de medida.

Como segundo paso, se debe dejar trazado la ubicación de las varillas de apoyo en la base y en la parte superior la varilla central para la carga puntual (figura 72 – B).

En la (figura 72 – C), se observa la colocación de la placa y varillas de apoyo para iniciar el ensayo. La (figura 72 – D), muestra la placa fracturada con una fisuración en el tercio central, dando como resultado módulos de rotura deficientes en relación a los valores obtenidos a la compresión en dicho material.

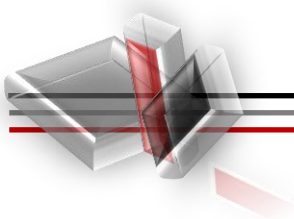




Figura 72. Proceso de Ensayo a la Flexión de Probetas - Hormigón + Resina.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

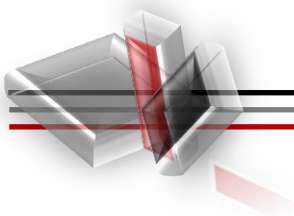
Los valores de resultados del ensayo de flexión se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 42.

Ensayo a la Flexión de las Muestras de Hormigón + Resina Poliéster.

N°	Peso seco de la Muestra	Luz (cm)	b (cm)	d (cm)	Carga Máx. (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm ²)
1	1.697,80	25	15.0	2.9	96,38	28,65
2	1.704.80	25	15.0	3.0	113,33	31,48
3	1.709,40	25	15.0	3.18	152,98	37,82
4	1.705,70	25	15.0	3.0	168,88	46,91
5	1.706,10	25	15.0	3.1	186,70	48,57

Fuente: Elaboración Propia



En la Tabla 41, se muestran los resultados del ensayo a la flexión de las placas de resina + hormigón, se aprecia que el módulo de rotura es muy bajo en comparación a los datos que se consiguió en el ensayo de compresión. Si se hace una correlación con la resistencia a la compresión de un hormigón no llega ni a cumplir con el 20% que es el rango admisible. Por lo tanto la resina poliéster es un material resistente a cargas de compresión llegando a ser mucho más eficaz que el hormigón, pero según los datos obtenidos tiene una gran pérdida en la flexión. La resistencia a la flexión tiene un promedio de 38,69 kg/cm² (Ver Anexo N° 13 - cuadro completo).

3.3 ENSAYOS DE ABSORCIÓN DE AGUA

Para realizar el ensayo de absorción de agua, las muestras se secan en un horno a una temperatura de 110°C por 24 horas. Luego se deja secar las placas a temperatura ambiente y se determina su masa (ASTM, s.f.).

Después de su secado final, las placas se sumergen en agua por no menos de 24 horas. Transcurrido el tiempo se secan los especímenes con una toalla húmeda antes de volver a pesarlas.

Requisitos de aceptabilidad: La absorción no debe exceder el valor de 9 % de la masa seca.

3.3.1 MUESTRA DE 30 x 15 x 3 cm DOSIFICACIÓN: HORMIGÓN (97.5%) + FIBRA ÓPTICA (2.5%)

Para ver el grado de absorción que tienen las muestras de hormigón con adición de fibra óptica, primero se realizará el ensayo en estado natural es decir sin ningún recubrimiento y consecutivamente se aplicara una capa de resina a los prototipos para su acabado e impermeabilizarla; finalmente se hará una comparación de los dos resultados de absorción luego de sumergir las muestras en agua.

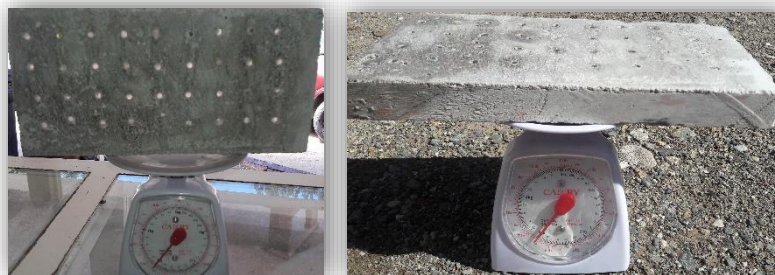


Figura 73. Peso Seco y Humedo – Probeta # 3 de Hormigón + Fibra Óptica (Sin Recubrimiento).

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Suelos – Universidad Católica de Cuenca).

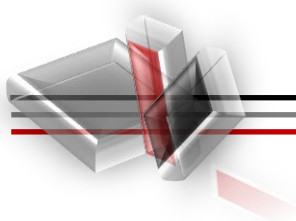


Tabla 43.

Método por Inmersión (Placas de H| + Fibra Óptica sin Capa de Resina Para el Acabado).

N° Muestra	Peso Seco	Peso Inmersión	Absorción
	gramos	gramos	%
1	2.874	3.025	5,25
2	2.925	3.071	4,99
3	3.032	3.154	4,02
4	3.041	3.193	5,00
5	3.108	3.244	4,38

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 43, se observan los resultados del ensayo de absorción de agua, realizado a las placas de hormigón + fibra óptica. Las muestras no tienen ningún tipo de recubrimiento en su terminado por lo tanto, los resultados de absorción del hormigón son en su estado natural. La absorción de agua tiene un promedio de 4,37 %; como conclusión el hormigón absorbe una gran cantidad de agua, pero su promedio está dentro del valor aceptable (Ver Anexo N° 16).



Figura 74. Peso Muestra Seca y Sumergida – Probeta # 3 de Hormigón + Fibra Óptica (Con Recubrimiento).

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Arquitectura – Universidad de Cuenca).

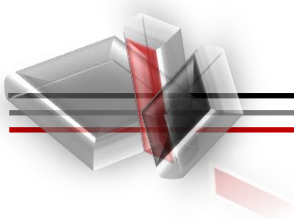


Tabla 44.

Método por Inmersión (Placas de H° + Fibra Óptica con Capa de Resina Para el Acabado).

N° Muestra	Peso Seco	Peso Inmersión	Absorción
	gramos	gramos	%
1	2.885,40	2.924,00	1,34
2	2.934,60	2.968,80	1,17
3	3.040,90	3.080,00	1,29
4	3.053,20	3.078,50	0,83
5	3.116,80	3.135,70	0,61

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 44, se observan los resultados del ensayo de absorción de agua, realizado a las placas de hormigón + fibra óptica. Las muestras tienen un recubrimiento de vidrio líquido para su terminado, por lo que los resultados de absorción del hormigón, es en estado de impermeabilidad. La absorción de agua tiene un promedio de 1,05 %; en conclusión la placa de hormigón absorbe menos cantidad de agua que en el caso anterior, reduciendo en un 3,32% su grado de absorción. La capa de vidrio líquido impermeabiliza las muestras en un 90% (Ver Anexo N° 17).

3.3.2 MUESTRA DE 30 x 15 x 3 cm. DOSIFICACIÓN: HORMIGÓN (1%) + RESINA (99%)



Figura 75. Peso Muestra Seca y Sumergida – Probeta # 3 de Hormigón (1%) + Resina (99%).

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Arquitectura – Universidad de Cuenca).

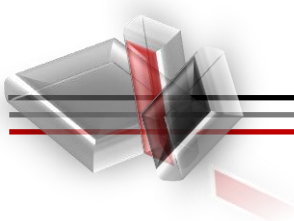


Tabla 45.

Muestras de Hormigón (1%) + Resina (99%) Ensayadas por el Método de Inmersión.

N° Muestra	Peso Seco	Peso Inmersión	Absorción
	gramos	gramos	%
1	1.697,80	1.698,80	0,06
2	1.704,80	1.705,10	0,02
3	1.709,40	1.710,50	0,06
4	1.705,70	1.706,30	0,04
5	1.706,10	1.707,20	0,06

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 45, se observan los resultados del ensayo de absorción de agua, realizado a las placas de resina + hormigón. Las muestras no tienen un recubrimiento para su terminado por lo que los resultados de absorción del hormigón, es en estado natural de la resina poliéster.

La absorción de agua tiene un promedio de 0,05 %; en conclusión la resina es un material impermeable por su bajo grado de absorción. Según los resultados obtenidos las muestras son impermeabilizadas en un 99% (Ver Anexo N° 15).



Figura 76. Muestras Finales Sumegidas previo al Ensayo de Absorción.

Fuente: Autor, 2018. (Laboratorio de Arquitectura – Universidad de Cuenca).

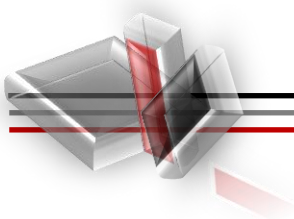


Tabla 46.

Método por Inmersión (Placas Finales con Capa de Resina Para su Terminado).

N° Muestra	Peso Seco	Peso Inmersión	Absorción
	gramos	gramos	%
Muestra final de 30 x 30 x 3 cm: hormigón (97.5%) + fibra óptica (2.5%)	5.884,40	5.909,00	0,42
Muestra final de 30 x 30 x 3 cm: hormigón (91.75%) + fibra óptica (8.25%)	5.782,90	5.817,50	0,60
Muestra final de 30 x 30 x 3 cm: hormigón (1%) + resina (99%)	3.416,60	3.418,80	0,06
Propuesta de prototipo	4.940,30	4.967,50	0,55

Fuente: Elaboración Propia

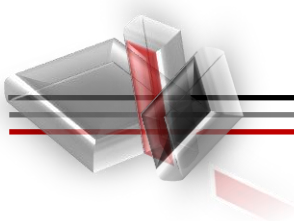
En la Tabla 46, se observan los resultados del ensayo de absorción de agua, realizado a las 4 muestras finales. Las muestras tienen un recubrimiento de vidrio líquido para su terminado, por lo que los resultados de absorción del hormigón, es en estado de impermeabilidad (Ver Anexo N° 18).

- **Muestra # 1:** Impermeabilizada en un 96%.
- **Muestra # 2:** Impermeabilizada en un 94%.
- **Muestra # 3:** Impermeabilizada en un 99%.
- **Muestra # 4:** Impermeabilizada en un 95%.

3.4 ENSAYOS DE TRANSMITANCIA LUMÍNICA

3.4.1 TOMA DE MEDIDAS DE LAS MUESTRAS EN LUX

Para el ensayo de luminosidad de las muestras obtenidas, con el luxómetro se realizarán tres tomas de medida en cada prototipo; es decir, sobre una misma cara se mide a ambos lados y en medio formando una especie de triángulo en la superficie de la placa, para promediar los datos obtenidos y tener un valor apreciable. Para aquello se dispone el luxómetro en distintas posiciones, tal y como figura a continuación:



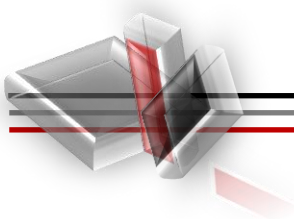
3.4.2 MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS CON UNA FUENTE DE LUZ NATURAL

Tabla 47.

Datos Obtenidos de la Medición de Lux con una Fuente de Luz Natural.

MEDICIÓN CON UNA FUENTE DE LUZ NATURAL			
MATERIAL	1	2	3
MUESTRA DE HORMIGÓN (97,5%) + FIBRA ÓPTICA (2,5%)	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	8940	8690	9300
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	318	338	364
Pérdida de luz	8622	8352	8936
MUESTRA DE HORMIGÓN (91,75%) + FIBRA ÓPTICA (8,25%)	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	8710	8700	9200
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	607	626	750
Pérdida de luz	8103	8074	8450
MUESTRA HORMIGÓN (1%) + RESINA POLIÉSTER (99%)	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	8583	8726	9150
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	7545	6858	7517
Pérdida de luz	1038	1868	1633
PROTOTIPO PROPUESTO	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	9110	8680	8950
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	2545	2858	2707
Pérdida de luz	6565	5822	6243

Fuente: Elaboración Propia



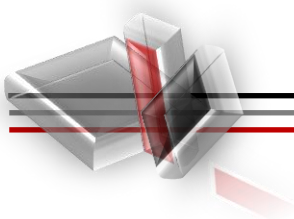
En base a la tabla 47, se obtuvo los siguientes resultados:

- a. La muestra de hormigón (97,5%) + fibra óptica (2,5%), tiene un promedio de luz incidente de 8.976,67 lux y el promedio de la luz transmitida es de 340 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 3,79% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz natural. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 8.636,67 lux.
- b. La muestra de hormigón (91,75%) + fibra óptica (8,25%), tiene un promedio de luz incidente de 8.870,00 lux y el promedio de la luz transmitida es de 661 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 7,45% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz natural. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 8.209,00 lux.
- c. La muestra de hormigón (1%) + resina poliéster (99%), tiene un promedio de luz incidente de 8.819,67 lux y el promedio de la luz transmitida es de 7.306,67 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 82,86% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz natural. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 1.513,00 lux.
- d. El prototipo propuesto tiene un promedio de luz incidente de 8.913,33 lux y el promedio de la luz transmitida es de 2.703,33 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 30,33% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz natural. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 6.210,00 lux.



Figura 77. Medición de luz Incidente y luz Transmitida de la Muestra N°2 [Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%) con Fuente de luz Natural].

Fuente: Autor, 2018.



Cabe recalcar que en todas las mediciones, el valor obtenido por el luxómetro debe multiplicarse por 10, ya que el equipo realiza lecturas en una escala de x10 lux no a x1 lux que sería la escala real.

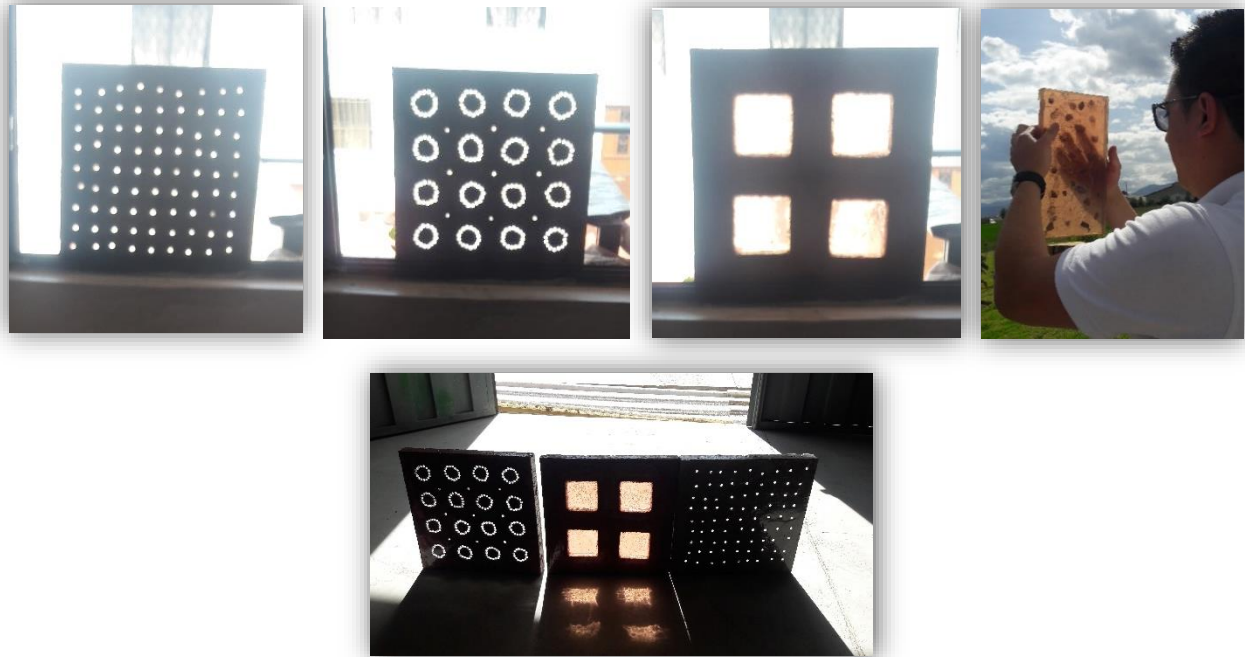


Figura 78. Transmición Lumínica de Muestras Expuesta a la luz Natural.

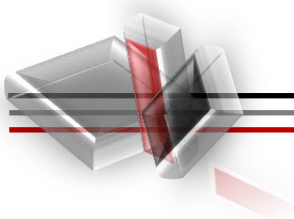
Fuente: Autor, 2018.

3.4.3 MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS CON UNA FUENTE DE LUZ ARTIFICIAL

Tabla 48.

Datos Obtenidos de la Medición de Lux con una Fuente de Luz Artificial a una Distancia de 15 cm.

MEDICIÓN CON UNA FUENTE DE LUZ ARTIFICIAL (LÁMPARA LUZ INCANDESCENTE – LUZ NEUTRA)			
MATERIAL	1	2	3
MUESTRA DE HORMIGÓN (97,5%) + FIBRA ÓPTICA (2,5%)	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	1782	1721	1673
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	86	96	82
Pérdida de luz	1696	1625	1591

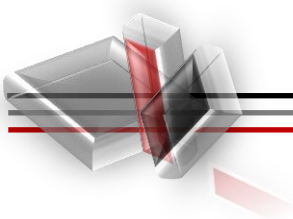


MUESTRA DE HORMIGÓN (91,75%) + FIBRA ÓPTICA (8,25%)	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	1816	1654	1546
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	656	414	511
Pérdida de luz	1160	1240	1035
MUESTRA HORMIGÓN (1%) + RESINA POLIÉSTER (99%)	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	1776	1748	1692
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	1125	1252	973
Pérdida de luz	651	496	719
PROTOTIPO PROPUESTO	LUX		
Luxómetro ubicado en la cara de luz incidente de la muestra	1726	1753	1694
Luxómetro ubicado en la cara de luz transmitida de la muestra	859	936	945
Pérdida de luz	867	817	749

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla 48, se obtuvo los siguientes resultados:

- a. La muestra de hormigón (97,5%) + fibra óptica (2,5%), tiene un promedio de luz incidente de 1.725,33 lux y el promedio de la luz transmitida es de 88 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 5,10% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz artificial proyectada de forma directa a una distancia de 15 cm. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 1.637,33 lux.
- b. La muestra de hormigón (91,75%) + fibra óptica (8,25%), tiene un promedio de luz incidente de 1.672,00 lux y el promedio de la luz transmitida es de 527 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 31,52% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz artificial proyectada de forma directa a una distancia de 15 cm. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 8.209,00 lux.



- c. La muestra de hormigón (1%) + resina poliéster (99%), tiene un promedio de luz incidente de 1.738,67 lux y el promedio de la luz transmitida es de 1.116,67 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 64,23% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz artificial proyectada de forma directa a una distancia de 15 cm. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 622 lux.
- d. El prototipo propuesto tiene un promedio de luz incidente de 1.724,33 lux y el promedio de la luz transmitida es de 913,33 lux. Aplicando la fórmula de transmitancia óptica se consigue una muestra con el 52,97% de translucidez; resultado que se obtiene mediante la medición con una fuente de luz artificial proyectada de forma directa a una distancia de 15 cm. Por último el promedio de la pérdida de luz en la muestra es de 811 lux.



Figura 79. Medición de luz Incidente y luz Transmitida de la Muestra N°2 [Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%) con una Fuente de luz Artificial].

Fuente: Autor, 2018.



Figura 80. Proyección de haz de luz en la Cara Incidente y Transmisión de luz en la Cara Opuesta de la Muestra N°2 [Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%) con una Fuente de luz Artificial].

Fuente: Autor, 2018.

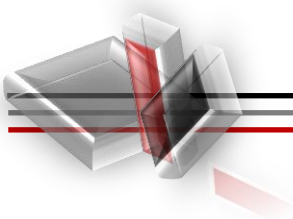




Figura 81. Transmisión de luz en la Cara Opuesta de la Muestra N°1 [Hormigón (97,5%) + Fibra Óptica (2,5%) con una Fuente de luz Artificial].
Fuente: Autor, 2018.

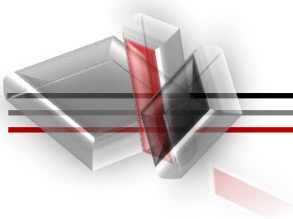


Figura 82. Proyección de haz de luz en la Cara Incidente y Transmisión de luz en la Cara Opuesta de la Muestra N°4 [Propuesta de Prototipo con una Fuente de luz Artificial].
Fuente: Autor, 2018.

El ensayo se realizó sobre las muestras finales, elaboradas en formaletas cuadradas de 30 cm de sección longitudinal, 30 cm de sección transversal y con espesor de 3 cm. Las probetas curadas a inmersión fueron sumergidas en agua una vez desencofradas en el lugar destinado en los laboratorios de la Universidad Católica de Cuenca, se decidió pulir un poco las placas elaboradas de hormigón con adición de fibra óptica, para retirar la capa de mortero que las cubría, el espesor de pulido fue de 2mm por cada una de sus caras ya que se obstaculizaba el paso de luz en gran porcentaje.

3.4.4 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO UTILIZADO PARA LA MEDICIÓN DE LUZ

El equipo utilizado para la medición de luz, es un luxómetro 5 in 1 multimeter EM5510, de la marca All – Sun. El dispositivo fue facilitado por el Ing. Gerardo Campoverde, docente de la facultad de ingeniería eléctrica de la Universidad Católica de Cuenca.



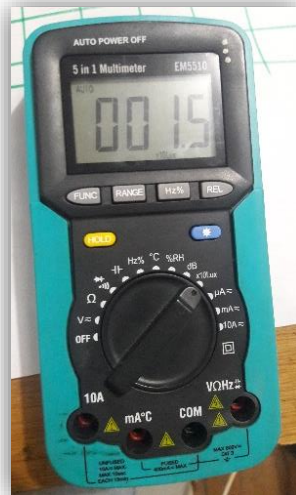
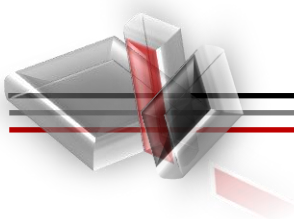


Figura 83. Luxómetro 5 in 1 multimeter EM5510.
Fuente: Autor, 2018.

DATOS DEL EQUIPO:

- **Dimensiones:** 21X13X10cm
- **Modo de funcionamiento:** manual
- **Tipo de pantalla:** Pantalla digital LCD de 3 3/4 dígitos, con una lectura máxima de 3999
- **Rango de medición capacitado:** 4n~100Uf
- **Suministros de bricolaje:** Eléctrico
- **Número de modelo:** EM5510
- **Rango de Voltaje:** 400mv/4V/40V/400V/600V
- **Tasa de muestreo:** 2-3 veces/seg
- **Temperatura de funcionamiento:** 0-40, <75% RH
- **Potencia:** Batería de 9 V (6F22)
- **Peso:** 310g (con batería)
- **Precisión:** Se especifica durante un período de un año tras la calibración y de 18 a 28, con humedad relativa <75%.

Información de seguridad: Este medidor se ha diseñado de acuerdo con el artículo IEC-61010. Cronon de medición, instrumentos con una categoría de medición (CAT II600 V) y grado de contaminación 2.



3.5 PRECIOS UNITARIOS

3.5.1 MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

Tabla 49.

Precio de Materiales Para la Elaboración de Hormigón.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO
Cemento Blanco	Saco (kg)	25	25,00
Grava	Saco (Paladas)	8	1,80
Arena	Saco (Paladas)	8	1,50
Picmento mineral	kg	1	2,30

Fuente: Elaboración Propia

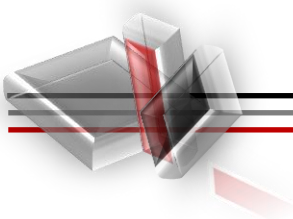
3.5.2 FIBRA ÓPTICA

Tabla 50.

Precio de la Fibra Óptica Plástica.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO
Fibra óptica	m	5	25,00

Fuente: Elaboración Propia



3.5.3 VIDRIO LÍQUIDO (RESINA)

Tabla 51.

Precio del Vidrio Líquido (Resina).

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO
Super Glass A+B	onzas	16	11,73

Fuente: Elaboración Propia

3.5.4 RESINA POLIÉSTER

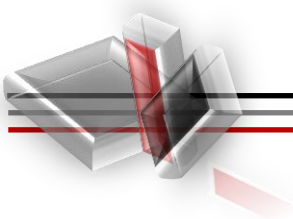
Tabla 52.

Precio de los Componentes Para la Preparación de Resina Poliéster.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO
Resina SINTAPOL	kg	1	2,43
Estireno	kg	1	2,32
Cobalto	cc	60	1,66
Mek Peróxido	cc	60	0,62

Fuente: Elaboración Propia

Tomando referencia de los valores mostrados, se elaborará el análisis de precios en cada una de las placas conseguidas; teniendo en cuenta la mano de obra, herramienta menor y los materiales a usar.



3.5.5 ANÁLISIS DE PRECIOS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS FINALES OBTENIDAS EN LA EXPERIMENTACIÓN DE UN HORMIGÓN TRANSLÚCIDO.

Tabla 53.

Análisis de Precios Para la Elaboración de la Placa de Hormigón (97,5%) + Fibra Óptica (2,5%).

RUBRO:	Placa de 30 x 30 x 3 cm				Unidad:	u
EQUIPOS:						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	COSTO		
Herramienta menor	1,00	0,50	0,50	0,15		
SUBTOTAL				0,15		
MANO DE OBRA:						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL REAL	COSTO HORARIO	COSTO		
Peón	0,13	26,08	3,26	0,95		
SUBTOTAL				0,95		
MATERIALES:						
DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
Cemento Blanco	Aglomerante	cm ³ (gr)	1.047,36	25,00	1,05	
Grava	Árido Grueso	cm ³ (gr)	3.624,12	1,80	0,14	
Arena	Árido Fino	cm ³ (gr)	1.792,65	1,50	0,11	
Agua	Líquido	cm ³ (gr)	597,00	0,30	0,36	
Fibra Óptica	Adición transmisor de luz	u	81	0,15	12,15	
Super Glass	Resina Termiado	onz	2	11,73	1,47	
				SUBTOTAL	15,28	
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)					1,10	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					16,38	
VALOR OFERTADO					16,38	

Fuente: Elaboración Propia. **Nota:** Cabé recalcar que el tiempo que se tardó en la elaboración de la placa descrita anteriormente fue 17,5 minutos.

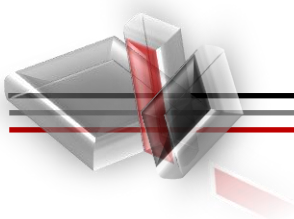


Tabla 54.

Análisis de Precios Para la Elaboración de la Placa De Hormigón (91,75%) + Fibra Óptica (8,25%).

RUBRO:	Placa de 30 x 30 x 3 cm			Unidad:	u
EQUIPOS:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	COSTO	
Herramienta menor	1,00	0,50	0,50	0,32	
SUBTOTAL				0,32	
MANO DE OBRA:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL REAL	COSTO HORARIO	COSTO	
Peón	0,13	26,08	3,26	2,11	
SUBTOTAL				2,11	
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Cemento Blanco	Aglomerante	cm3 (gr)	1.047,36	25,00	1,05
Grava	Árido Grueso	cm3 (gr)	3.624,12	1,80	0,14
Arena	Árido Fino	cm3 (gr)	1.792,65	1,50	0,11
Agua	Líquido	cm3 (gr)	597,00	0,30	0,36
Fibra Óptica	Adición transmisor de luz	u	265	0,15	39,75
Super Glass	Resina Termiado	onz	2	11,73	1,47
				SUBTOTAL	42,88
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)					2,43
COSTO TOTAL DEL RUBRO					45,31
VALOR OFERTADO					45,31

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El tiempo que se tardó en la elaboración de la placa descrita anteriormente fue 38,8 minutos.

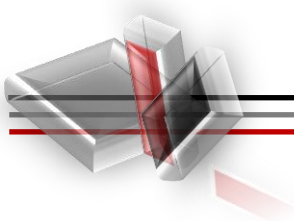


Tabla 55.

Análisis de Precios Para la Elaboración de la Placa de Hormigón / Resina (Propuesta).

RUBRO:	Placa de 30 x 30 x 3 cm			Unidad:	u
EQUIPOS:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	COSTO	
Herramienta menor	1,00	0,50	0,50	0,15	
SUBTOTAL				0,15	
MANO DE OBRA:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL REAL	COSTO HORARIO	COSTO	
Peón	0,13	26,08	3,26	1,00	
SUBTOTAL				1,00	
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Cemento Blanco	Aglomerante	cm ³ (gr)	733,15	25,00	0,73
Grava	Árido Grueso	cm ³ (gr)	2.536,88	1,80	0,14
Arena	Árido Fino	cm ³ (gr)	1.254,86	1,50	0,11
Agua	Líquido	cm ³ (gr)	417,90	0,30	0,25
Resina Poliéster	Adición transmisor de luz	gr	774,18	2,43	1,88
Estireno	Diluyente	gr	136,62	2,32	0,32
Cobalto	Acelerante	cc	1,82	1,66	0,05
Mek Peróxido	Secante	cc	13,66	0,62	0,14
Super Glass	Resina Termiada	onz	2	11,73	1,47
				SUBTOTAL	5,09
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)					1,15
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6,24
VALOR OFERTADO					6,24

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El tiempo que se tardó en la elaboración de la placa descrita anteriormente fue 18,4 minutos.

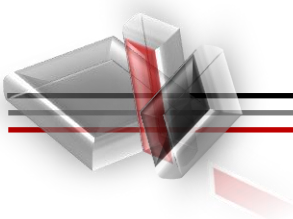


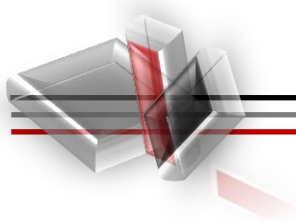
Tabla 56.

Análisis de Precios Para la Elaboración de la Placa de Hormigón (1%) + Resina (99%).

RUBRO:	Placa de 30 x 30 x 3 cm			Unidad:	u
EQUIPOS:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORARIO	COSTO	
Herramienta menor	1,00	0,50	0,50	0,17	
SUBTOTAL				0,17	
MANO DE OBRA:					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL REAL	COSTO HORARIO	COSTO	
Peón	0,13	26,08	3,26	1,09	
SUBTOTAL				1,09	
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Cemento Blanco	Aglomerante	cm3 (gr)	3,14	25,00	0,0031
Grava	Árido Grueso	cm3 (gr)	11,14	1,80	0,02
Arena	Árido Fino	cm3 (gr)	5,53	1,50	0,01
Agua	Líquido	cm3 (gr)	2,03	0,30	0,0012
Resina Poliéster	Adición transmisor de luz	gr	2.612,85	2,43	6,35
Estireno	Diluyente	gr	461,10	2,32	1,07
Cobalto	Acelerante	cc	6,15	1,66	0,17
Mek Peróxido	Secante	cc	46,11	0,62	0,48
Super Glass	Resina Termiado	onz	2	11,73	1,47
				SUBTOTAL	9,57
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)					1,26
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10,83
VALOR OFERTADO					10,83

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El tiempo que se tardó en la elaboración de la placa descrita anteriormente fue 20 minutos.



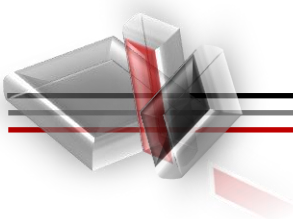
3.6 COMPARACIÓN ENTRE LAS MUESTRAS FINALES OBTENIDAS EN LA EXPERIMENTACIÓN DE LABORATORIO

Tabla 57.

Comparación de los Tipos de Hormigón Translúcido Obtenidos.

CARACTERÍSTICA	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON ADICIÓN DE FIBRA ÓPTICA	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO MODIFICADO CON RESINA POLIÉSTER
Materia Prima	Cemento blanco, Grava, Arena, Agua, Picmentos, Fibra óptica plástica, Vidrio líquido.	Cemento blanco, Grava, Arena, Agua, Resina poliéster, Estireno, Mek Peróxido, Cobalto, Vidrio líquido.
Colores	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco y gris • Cualquier color con picmentos minerales 	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillento, violeta, rosado, anaranjado. • Cualquier color con tintes de base solvente
Tamaño	30 x 30 x 3 cm	30 x 30 x 3cm
Peso	5.833,65 gr	3.416,60 gr
Resistencia a la compresión	Promedio = 311.35 kg/cm ² > 300	Promedio = 1.010,91 kg/cm ² > 1.000
Resistencia a la flexión	Promedio = 49,97 kg/cm ²	Promedio = 38,69 kg/cm ²
Impermeabilidad	95 %	99 %
Transmisión de Luz	8 – 31 %	65 %
Precio	\$ 48,00	\$ 13,00

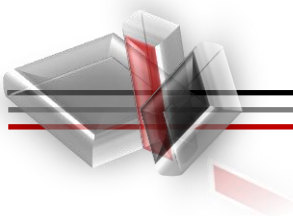
Fuente: Elaboración Propia.



3.6.1 VENTAJAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS.

- Hormigón con adición de Fibra óptica plástica:
 - Buena resistencia a la compresión
 - Resistente a la flexión
 - Excelente impermeabilidad
 - Larga durabilidad
 - Presenta un aspecto uniforme
 - Factible para pigmentar
 - Apto para elementos estructurales y no portantes (Mampostería)
 - Las fibras pueden ser fabricadas a gusto del usuario. (Diámetro)
 - Las dimensiones pueden adaptarse a la necesidad del proyecto (Rollos de 5m).
 - Reduce gastos de iluminación
 - Podemos excluir de acabados y pintura

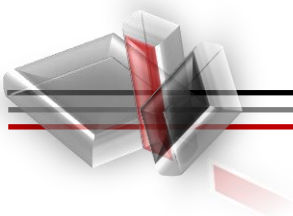
- Hormigón Translúcido modificado con Resina:
 - Resistencia a la compresión hasta 4 veces más que el hormigón tradicional
 - Peso volumétrico hasta un 50% menor al hormigón tradicional.
 - Nula absorción de agua
 - 99 % impermeable
 - Inmediato desencofrado para puesta en obra
 - Adquiere un 90% de su resistencia el mismo día de su elaboración
 - Minimiza los costos de mantenimiento
 - Gran ahorro en gastos de iluminación
 - Apto como mampostería o material decorativo
 - Reduce la mano de obra y tiempos de trabajo
 - Se puede dar color mediante tintes



3.6.2 DESVENTAJAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

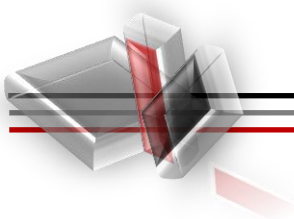
- Hormigón con adición de Fibra óptica plástica:
 - Se necesitan moldes prefabricados para el mallado de fibra óptica
 - Es un concreto difícil de demoler
 - Aún no se encuentra normado como material estructural
 - Su uso es netamente arquitectónico
 - Al ser un concreto nuevo necesita difusión en el medio local
 - Materiales más costosos
 - Difícil de elaborar manualmente
 - Se necesita industrializar su elaboración
 - Tiempos de trabajo muy largos
 - La mano de obra debe ser calificada, por lo que las obras se hacen más costosas
 - Al ser realizado con hormigón tradicional, su peso es significativo
 - A mayor diámetro de fibra óptica, reduce la adherencia con el hormigón.
 - La fibra óptica es muy costosa
 - Para obtener diámetros más grandes de fibra, se necesita de importación.

- Hormigón Translúcido Modificado con Resina:
 - Se dificulta un poco su desmoldamiento
 - No se puede hacer una mezcla homogénea con el hormigón
 - Se tiene q trabajar por capas
 - Un 50% más costoso que un hormigón tradicional
 - La resina necesita de otros componentes para su preparación
 - Su tiempo de trabajabilidad después de realizada la mezcla debe ser casi inmediata

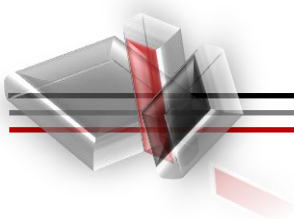


3.7 CONCLUSIONES

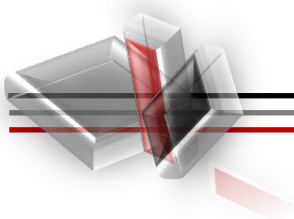
- A pesar de que la información sobre la elaboración de un hormigón translúcido es escasa o no se sabe aún a ciencia cierta cual es su proceso, la recolección de datos y sobre todo la iniciativa que se tomó en la parte experimental en laboratorio fue provechosa y se pudo obtener como primera aproximación un material con características de transmisión de luz, dejando aún un gran campo de estudio en futuras investigaciones; para llegar a obtener rasgos idénticos o similares al hormigón investigado
- Con el estudio de materiales realizados en laboratorio: granulometría, peso y volumen específico, se determinó que los áridos (arena y grava), provenientes de las canteras de Santa Isabel son de buena calidad para la elaboración de hormigones.
- Se optó por la utilización de cemento blanco por su calidad en cuanto a resistencia y por la facilidad de adquirir color cuando se quiere obtener hormigones pigmentados.
- El previo diseño del hormigón fue fundamental para iniciar con la obtención del material planteado, teniendo así una idea clara de la cantidad de materiales que vamos a utilizar para la elaboración de las muestras.
- La rotura de las probetas cilíndricas de hormigón tradicional elaboradas bajo el diseño de Fuller y el método gráfico, identificó que las de mayor efectividad en cuanto a resistencia a la compresión fue la del método de Fuller, obteniendo una resistencia final a los 28 días de curado de 359.89 kg/cm²; mientras que por el método gráfico tiene una resistencia de 323.35 kg/cm².
- Aunque la resistencia a la compresión por el método de Fuller es mayor, no quiere decir que la resistencia por el método gráfico es baja, solo se diferencian en 36.54 kg/cm², más bien ambos cumplieron con la finalidad de resistencia sobrepasando los 210.00 kg/cm², para el que fueron diseñados. Los dos métodos mencionados anteriormente presentan excelentes características a la compresión por lo que podrían ser un concreto estructural.



- Para las demás experimentaciones se optó por seguir con los datos obtenidos en el método de Fuller por tener mayor resistencia.
- Las probetas obtenidas de hormigón con adición de fibra de vidrio no presentaron buenas características tanto en su geometría como en la resistencia a la compresión, obteniendo la probeta ensayada a los 28 días de curado apenas 184.33 kg/cm² de resistencia; aproximadamente la mitad de la probeta elaborada por el método de Fuller. Finalmente por la complicada manipulación del material y la no aportación a la transmisión de luz en el hormigón se descartó su uso.
- Las probetas cúbicas de hormigón (60%), con adición de resina (40%), mostrarán idénticos resultados al hormigón tradicional, obteniendo una resistencia final a los 28 días de curado de 357.96 kg/cm²; descartando su uso por la similitud de resistencia a la compresión, costos y tiempos de trabajo.
- La resina poliéster por si sola, llamó mucho la atención por sus características mecánicas de compresión, iniciando con 685.39 kg/cm² de resistencia ensayada a los 160 minutos de curada y con 1.251,41 kg/cm² ensayada a los 28 días.
- Por otro lado destacar la frágil rotura que tiene la resina cuando es sometida a flexión, dando como resultado un módulo de rotura de 28.65 kg/cm² a los 3 días y de 48.57 kg/cm² a los 28 días. (Ensayo realizado a las placas de 30 x 15 x 3 cm).
- El hormigón con fibra óptica presentó mayor efectividad en el ensayo a la flexión, dando como resultado un módulo de rotura de 36.28 kg/cm² a los 3 días y de 61.18 kg/cm² a los 28 días. (Ensayo realizado a las placas de 30 x 15 x 3 cm).
- El peso de las placas de hormigón (97,5%) + fibra óptica (2,5%), es elevado ya que el hormigón utilizado es el de elaboración tradicional, con un promedio de 3.006,18 gramos; mientras que las placas elaboradas con resina (99%) + hormigón (1%) tienen un peso promedio de 1.704,76 gramos; siendo un 40% más liviana que el material anterior.
- La absorción de agua de las muestras presenta porcentajes bajos, obteniendo placas impermeabilizadas casi en su 100%, rectificando que la resina es un excelente material para reprimir la succión de agua en las superficies.

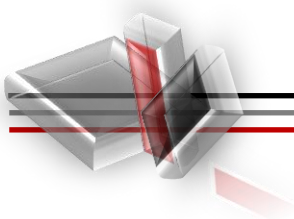


- La desventaja principal del material obtenido, es el alto costo de la resina poliéster y de la fibra óptica plástica.
- Al no tener disponibles probetas para la producción de placas o muestras de hormigón en los laboratorios trabajados, se tomó la decisión de hacer moldes de madera.
- En base a los resultados obtenidos del ensayo de transmitancia lumínica, se extrae que la muestra N°3 es la que presenta mayor transmisión lumínica, donde la pérdida de luz es mucho menor que los demás prototipos; la cual presenta una pérdida aproximada del 35%; por lo tanto la muestra tiene un porcentaje del 65% de translucidez.
- La muestra N°3, fue hecha con la dosificación de hormigón (1%) + resina (99%). Tiene mayor translucidez que las demás muestras por su bajo contenido de hormigón. Donde la experimentación de mezclar hormigón con resina dejó evidenciado lo difícil que es transformar algo que es polvo como el cemento en un material translúcido, teniendo que reducir su porcentaje hasta un 1% para obtener algún tipo de resultado favorable en la investigación.
- En base a los resultados obtenidos del ensayo de transmitancia lumínica, se extrae que la muestra N°2 es la que presenta mayor transmisión lumínica de las muestras elaboradas con adición de fibra óptica, tiene un porcentaje del 8% de translucidez expuesta a una fuente de luz natural a la interperie y del 31,52% mediante la medición con una fuente de luz artificial proyectada de forma directa a una distancia de 20cm.
- El tiempo de elaboración de las placas de hormigón con adición de fibra óptica de forma manual, se dificulta por el vertido del hormigón en el molde y la colocación de la fibra para que no se tape sus extremos que es por donde va a transmitir la luz. Haciendo que su proceso no sea el más indicado.



3.8 RECOMENDACIONES

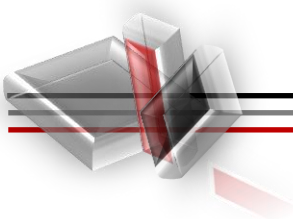
- Emplear otro tipo de cemento, principalmente de uso común en la construcción para disminuir costos ya que el cemento blanco triplica en precio al cemento portland de color gris.
- Modificar los componentes, por ejemplo sustituir la grava por el cuarzo o fluorita y la arena normal por arena de sílice, cuarzo o cualquier arena existente de color blanco y que pueda ayudar de mejor manera en la translúcidez del hormigón, sin afectar la resistencia lograda en la presente experimentación.
- Para futuras investigaciones no utilizar la cantidad de materiales descritas en el presente trabajo, ya que el diseño del hormigón puede cambiar según el cemento y los áridos con los que se vaya a trabajar, por lo que se recomienda siempre hacer un nuevo diseño y análisis de materiales.
- Si se quiere estudiar a profundidad con la fibra de vidrio para la elaboración de hormigones, se propone trabajar con segmentos de fibra menores a los 3 cm.
- Se propone la investigación de otros materiales que puedan reemplazar a la resina y fibra óptica para la transmisión de luz, con igual o similares características pero a menor costo.
- Se propone analizar otras formas de colocación de la fibra óptica, añadir un mayor número de fibras y de menor diámetro para obtener muestras mas translúcidas.
- Si bien se hizo moldes de madera, sería recomendable confeccionar moldes con otros materiales como: vidrio o metal, que nos permita facilitar la elaboración de las muestras.
- La elaboración de hormigón translúcido, necesita de una tecnología que nos permita hacer una producción en serie, en mejores condiciones y reducir tiempos de mano de obra. Lo recomendable sería utilizar maquinaria diseñada para este proceso y fabricar el material de una forma más técnica.



- Al tratarse de un material prácticamente nuevo en nuestro medio, para futuras investigaciones se recomienda realizar nuevas indagaciones para implementar y desarrollar sistemas constructivos innovadores en lo que ha hormigón translúcido se refiere.

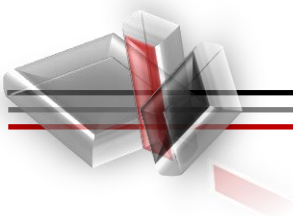
3.9 BIBLIOGRAFÍA

- Valambhiya, Tuvar, & Rayjada. (2017, January). History And Case Study On Light Transmitting Concrete. In International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research JETIR (Vol. 4, No. 1 (January-2017)).
- Martínez, M. C. (2011). Hormigón translúcido con fibra óptica (Doctoral dissertation).
- HeidelbergCement, A. G. (2010). Annual report 2009: Heidelberg. Germany, HeidelbergCement AG, May.
- Barbarán, J. B. Materiales no tradicionales: concreto translúcido. *Civilizate*, (3), 57-58.
- Hurlbult, C. S. y otros. Manual de mineralogía de Dana. 3ra. s.l.: Editorial Reverté S.A., 1992. págs. 279-314.
- Prado, J. (1954). La fluorita. Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales.
- Fernández, C. M. Hormigón. 8^o Edición. Madrid (España): Colegio de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, 2007. págs. 107-147.
- Varas, M., Álvarez de Buergo, & Fort González, R. (2007). Piedras artificiales: morteros y hormigones. El cemento como máximo representante de estos materiales de construcción.
- Moncaleano, C., & Jaramillo, J. (2016). Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso.

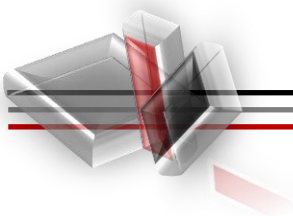


- García, J. Síntesis Y Validación De Concreto Traslucido Empleando Materiales Del Caribe Colombiano.
- Bataller, J. (2011). Estudio de las materias primas de caracter polimérico para su aplicación al hormigón translúcido (Doctoral dissertation).
- Aguas Barreno, J. (2015). Hormigón translúcido con fibra de vidrio y cuarzo (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Civil.).
- Patil, S., & Patil , V. (2015). Light Transmitting Concrete-A New Innovation. International Journal of Engineering Research and General Science, 3(2 Part 2), 2091-2730.
- Bureau, M. (2013). Light transmitting concrete panels-a new innovation in concrete technology. The Masterbuilder, 98-102.
- Ravikumar, N., & Dharsika, S. Experimental Study on Light Transparency of Concrete by Using Optical Fiber.
- Paiva, S., & Diniz, M. Concreto Translúcido–Luz Natural Para Ambientes Fechados. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 13(2).
- Delibes, A. (1993). Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón. INTEMAC (Instituto Técnico de Materiales y Construcciones), 2da Edición
- Miravete, A., Mieres, J., Calvo, I., Comino, P., Chiminelli, A., Cuartero, J., & Tolosana, N. (2005). Comportamiento de la fibra de vidrio AR para aplicaciones estructurales en la construcción.
- Morales, S. (2008). Fibra de vidrio pruebas y aplicaciones (Doctoral dissertation).
- Medrano, R. (2000). Confiabilidad Mecánica de Fibras Ópticas Resistencia y Fatiga. In Memoria de Simposio Materia (Vol. 2000).
- De Ylera, A. (1977). Impermeabilización del hormigón. Informes de la Construcción, 29(288), 69-86.
- Giraldo, O. Diseño de mezclas de hormigón: métodos empíricos y analíticos.

- Ramírez , E. (2018). Comparación de variables sobre iluminación y sonido obtenidas con equipos profesionales de medición versus obtenidas con teléfonos inteligentes (Master's thesis, Maestría en Higiene y seguridad Industrial).
- Pidre, J., & González, C. (2015). Equipos de medida en iluminación. In Seminario técnico sobre iluminación. 2015 Año Internacioanl de la luz.: Vigo. 29 y 30 de Junio de 2015. Auditorio del Edificio Municipal del Arenal (Antiguo Edificio del Rectorado) (pp. 114-117). Asociación de Ingenieros Industriales de Galicia.
- NTE INEN 152 Cemento portland, Requisitos.
- NTE INEN 154 Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.
- NTE INEN 488 Cemento. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista.
- NTE INEN 696 (872) Áridos para hormigón. Determinación de la granulometría.
- NTE INEN 857 Árido grueso para hormigón. Determinación de la densidad y absorción de agua.
- NTE INEN 154 Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.
- NTE INEN 1 108 Agua para la mezcla.
- ASTM C 127 o 128 (Determinación de la gravedad específica y la absorción de los agregados). INEN 856 (agregados finos) y INEN 857 (agregados gruesos).
- ASTM C 70 y C 566 (Contenido de humedad de los agregados).
- NTE INEN 1763 (ASTM C 172) Norma para Muestrear Hormigón Fresco.
- ASTM C 470 (Moldes de colado de cilindros verticales de concreto para ensayo. Especificaciones).
- NTE INEN 3124 (Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio).



- ASTM 192 (Práctica normalizada para preparación y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para prueba).
- NTE INEN 3124 (ASTM C 511 y ASTM C 330), manteniendo las probetas, hasta la fecha de rotura programada.
- ASTM C 403 (Determinación del tiempo de fraguado).
- NTE INEN 1573 (ASTM C 39) Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón.
- ASTM C 78 y ASTM C 293 (Método de Ensayo de Resistencia a la Flexión Usando Viga Simple con Carga en los Tercios).
- ASTM C642-13 (Absorción de agua en hormigones).



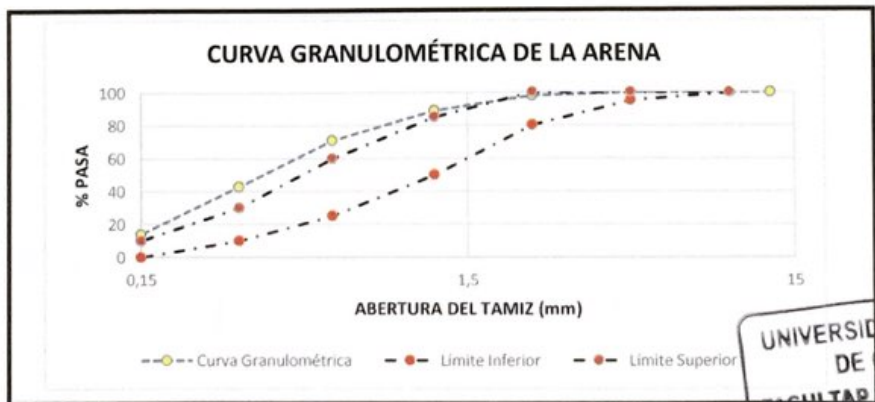
ANEXO 1

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ARENA	

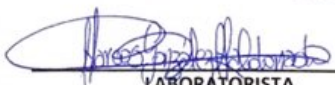
PROYECTO:	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: " ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO
MUESTRA:	ARENA
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD
FECHA ENSAYO:	16/2/2018
NORMA:	

TAMIZ Nº	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%	
	mm	gramos	gramos	RETENIDO	PASA	ESPECIFICACIONES	
1/2"	12,7	0	0	0	100		
3/8"	9,52	0	0	0	100	100	100
Nº 4	4,76	0,8	0,8	0,09	99,91	95	100
8	2,38	18,9	19,7	2,15	97,85	80	100
16	1,19	82,4	102,1	11,15	88,85	50	85
30	0,58	164,4	266,5	29,11	70,89	25	60
50	0,3	255,8	522,3	57,05	42,95	10	30
100	0,15	264,9	787,2	85,99	14,01	0	10
200	0,075	87,9	875,1	95,59	4,41		
PASA Nº 200		1,4	876,5	95,74	4,26		

PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO: 1000	% HUMEDAD: 9,23
PESO SECO ANTES DEL LAVADO: 915,5	% ERROR EN LA GRANULOMETRÍA: -0,49
PESO SECO DESPUÉS DEL LAVADO: 872,2	MÓDULO DE FINURA: 1,85




 ESTUDIANTE


 LABORATORISTA

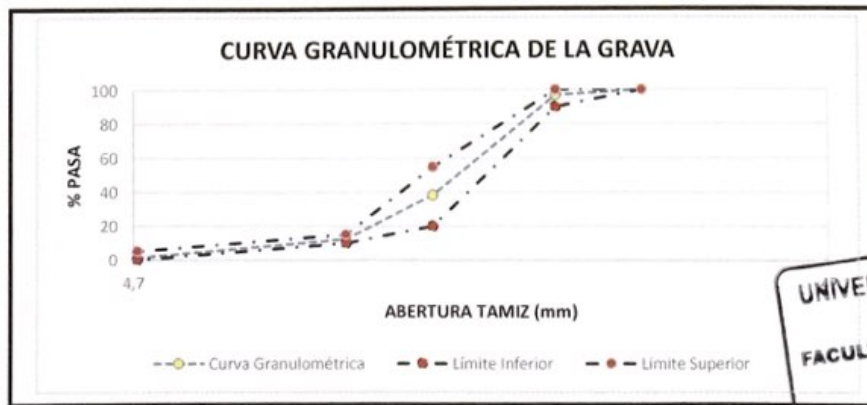
ANEXO 2

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	<h3 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</h3>
<h4 style="margin: 0;">ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GRAVA</h4>	


PROYECTO:	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: " ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO
MUESTRA:	GRAVA
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD
FECHA ENSAYO:	16/2/2018
NORMA:	

TAMIZ Nº	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%	
	mm	gramos	gramos	RETENIDO	PASA	ESPECIFICACIONES	
3"	76,2	0	0	0	100		
2 1/2"	63,5	0	0	0	100		
2"	50,8	0	0	0	100		
1 1/2"	38,1	0	0	0	100		
1"	25,4	0	0	0	100	100	100
3/4"	19,1	380,5	380,5	3,17	96,83	90	100
1/2"	12,7	7012,5	7393	61,59	38,41	20	55
3/8"	9,52	3130	10523	87,67	12,33	10	15
Nº 4	4,76	1346	11869	98,88	1,12	0	5
PASA Nº4		134	12003	100	0		

PESO ANTES DEL ENSAYO:	12010	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO:	25,4
PESO DESPUÉS DEL ENSAYO:	12003	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	19,1
% ERROR EN LA GRANULOMETRÍA:	0,058		




 ESTUDIANTE


 LABORATORISTA

ANEXO 3

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA ARENA	


PROYECTO:	HORMIGÓN TRANSLUCIDO: "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
MUESTRA:	ARENA
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD
FECHA ENSAYO:	19/2/2018
NORMA:	

A=	200	gramos	PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B=	781	gramos	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C=	660	gramos	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA
D=	192,9	gramos	PESO DEL MATERIAL SECO

PESO ESPECÍFICO SECO:	$\frac{D}{A - (B - C)} =$	2,442
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO:	$\frac{A}{A - (B - C)} =$	2,532
PESO ESPECÍFICO APARENTE:	$\frac{D}{D - (B - C)} =$	2,683
% DE ABSORCIÓN:	$\frac{100(A - D)}{D} =$	3,68




ESTUDIANTE


LABORATORISTA

ANEXO 4

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA GRAVA	

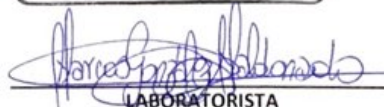
PROYECTO:	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: " ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO
MUESTRA:	GRAVA
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD
FECHA ENSAYO:	19/2/2018
NORMA:	

A= 1702,5	gramos	PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 6331,5	gramos	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5304	gramos	PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA
D= 1634	gramos	PESO DEL MATERIAL SECO

PESO ESPECÍFICO SECO:	$\frac{D}{A - (B - C)} =$	2,421
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO:	$\frac{A}{A - (B - C)} =$	2,522
PESO ESPECÍFICO APARENTE:	$\frac{D}{D - (B - C)} =$	2,694
% DE ABSORCIÓN:	$\frac{100(A - D)}{D} =$	4,19




ESTUDIANTE


LABORATORISTA

ANEXO 5

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	<h3 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA</h3>
<h4 style="margin: 0;">MASA UNITARIA DE LA GRAVA</h4>	

PROYECTO:	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: " ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO
MUESTRA:	GRAVA
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD
FECHA ENSAYO:	21/2/2018
NORMA:	ASTM - C 20

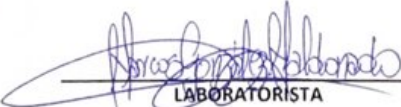
MASA UNITARIA DE LA GRAVA SUELTA			
PESO DEL RECIPIENTE (gr)=	5817	5817	5817
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm3)=	8900,31	8900,31	8900,31
RECIPIENTE + MATERIAL (gr)=	21497,81	21461,31	21689,31
PESO DEL MATERIAL (gr)=	15680,81	15644,31	15872,31
PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m3)=	1761,83	1757,73	1783,34
PESO VOL. PROMEDIO(Kg/m3)=	1767,63		

MASA UNITARIA DE LA GRAVA COMPACTADA			
PESO DEL RECIPIENTE (gr)=	5817	5817	5817
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm3)=	8900,31	8900,31	8900,31
RECIPIENTE + MATERIAL (gr)=	22654,31	22568,31	22873,31
PESO DEL MATERIAL (gr)=	16837,31	16751,31	17056,31
PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m3)=	1891,77	1882,1	1916,37
PESO VOL. PROMEDIO(Kg/m3)=	1896,75		

OBSERVACIONES:




 ESTUDIANTE


 LABORATORISTA

ANEXO 6

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
MASA UNITARIA DE LA ARENA	

PROYECTO:	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: " ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO
MUESTRA:	ARENA
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD
FECHA ENSAYO:	21/2/2018
NORMA:	ASTM - C 20

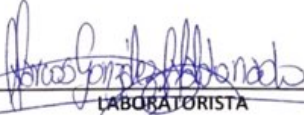
MASA UNITARIA DE LA ARENA SUELTA			
PESO DEL RECIPIENTE (gr)=	3402,5	3402,5	3402,5
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm3)=	2830,75	2830,75	2830,75
RECIPIENTE + MATERIAL (gr)=	7335,5	7345,5	7436
PESO DEL MATERIAL (gr)=	3933	3943	4033,5
PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m3)=	1389,38	1392,92	1424,89
PESO VOL. PROMEDIO(Kg/m3)=	1402,4		

OBSERVACIONES:





 ESTUDIANTE



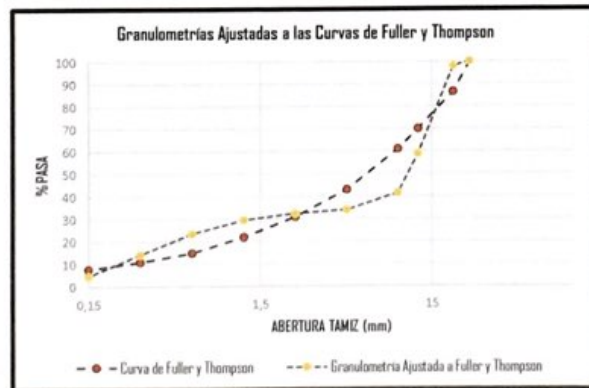
 LABORATORISTA

ANEXO 7

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
DISEÑO DE HORMIGONES POR EL MÉTODO DE FULLER Y THOMPSON	

DATOS		
Resistencia del Hormigón a Compresión a 28 días F'c	210	Kg/cm ²
Resistencia del Hormigón a Compresión a 28 días F'cr	280	Kg/cm ²
Tipo de Cemento	Portland Blanco	
Módulo de finura del agregado Fino (MF)	1.85	
Peso Especifico en SSS Agregado Grueso	2522	kg/m ³
Peso Especifico en SSS Agregado Fino	2532	kg/m ³
Peso unitario compactado del Agregado Grueso	1896.75	kg/m ³
Peso unitario suelto del Agregado Fino	1402.4	kg/m ³
Peso Especifico del Cemento	3150	kg/m ³
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	19.1	mm

CÁLCULOS		
Asentamiento permisible	8+-2	cm
Litros de agua por m ³ de hormigón	199	lt
Relación agua - cemento (a/c)	0.57	
Volumen de Agregado grueso por m ³ de hormigón	66.93	m ³
Peso de cemento por m ³ de hormigón	349.12	Kg
Peso agregado grueso por m ³ de hormigón	1208.04	Kg
Volumen de arena	33.07	m ³
Peso de agregado fino por m ³ de hormigón	597.55	Kg

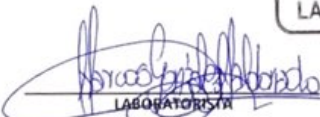


DISEÑO AL PESO

MATERIAL	VOLUMEN (m ³)	PESO (kg)
AGUA	0.199	199
CEMENTO	0.111	349.12
GRAVA	0.479	1208.04
0.236	0.236	597.55
TOTAL	1.025	2353.71




 ESTUDIANTE

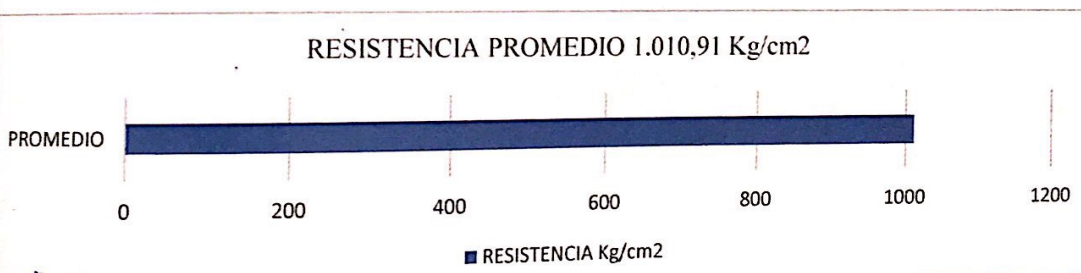
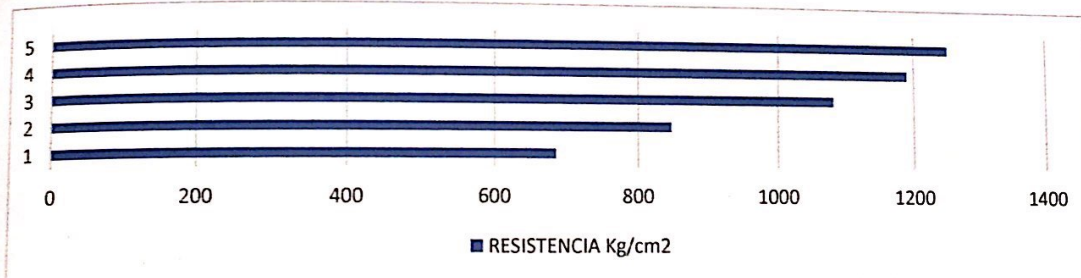

 LABORATORIO



PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	CUBOS DE RESINA POLIÉSTER
FECHA	10/01/2018

ANEXO 8

Nº	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ENSAYO	PESO gramos	DIMENSIONES			ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO/VOL Gr/cm ³	CARGA kg	RESISTENCIA Kg/cm ²
				(L) cm	(A) cm	(E) cm					
1	10-01-2018	160 min	141,34	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,13	17.134,75	685,39
2	17-01-2018	7	140,47	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,12	21.179,10	847,10
3	24-01-2018	14	139,00	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,11	27.017,69	1.080,71
4	31-01-2018	21	139,45	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,12	29.748,00	1.189,92
5	07-02-2018	28	141,62	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,13	31.285,34	1.251,41
PROMEDIO											1.010,91



[Signature]
ab. Sandro Leonel Verdugo
Laboratorio de Geotecnia y Estructuras

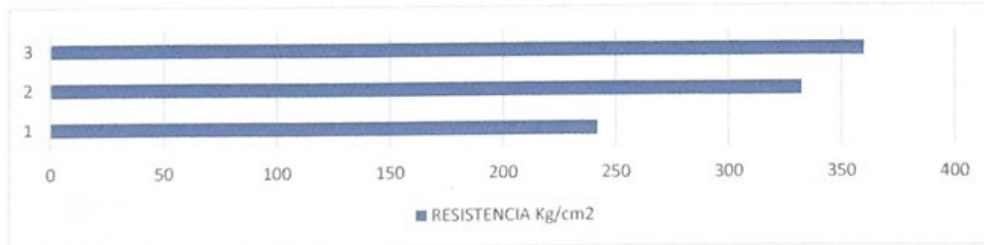



[Signature]
William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO. "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN"
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	CILINDROS DE HORMIGÓN MÉTODO DE FULLER
FECHA	22/02/2018


ENSAYO DE COMPRESIÓN - ANEXO 9

N°	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ENSAYO	PESO	DIMENSIONES		ÁREA	VOLUMEN	PESO/VOL	CARGA	RESISTENCIA
			gramos	(Altura) cm	(Diámetro) cm	cm ²	cm ³	Gr/cm ³	kg	Kg/cm ²
1	01-03-2018	7	3 889,00	20,1	10,1	80,12	1 610,38	2,41	19 761,38	241,84
2	08-03-2018	14	3 816,00	20,2	10,1	80,12	1 618,42	2,36	26 100,34	332,33
3	22-03-2018	28	3 828,00	20,2	10,1	80,12	1 618,42	2,37	28 265,41	359,89
PROMEDIO									311,35	




Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos

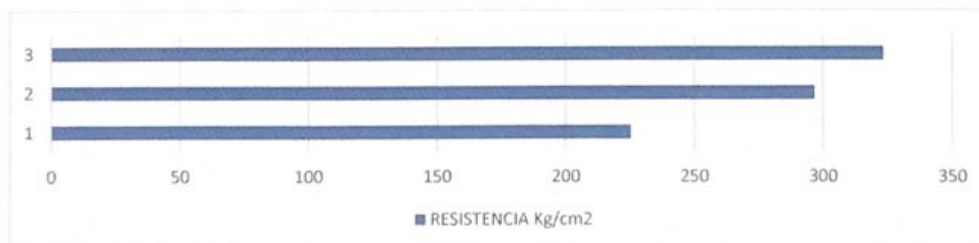




William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLUCIDO. "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	CILINDROS DE HORMIGÓN MÉTODO GRAFICO
FECHA	23/02/2018


ENSAYO DE COMPRESIÓN - ANEXO 10

Nº	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ENSAYO	PESO	DIMENSIONES		ÁREA	VOLUMEN	PESO/VOL	CARGA	RESISTENCIA
			gramos	(Altura) cm	(Diámetro) cm	cm ²	cm ³	Gr/cm ³	kg	Kg/cm ²
1	02-03-2018	7	3 808,50	20,2	10,1	80,12	1 618,42	2,35	17 696,63	225,32
2	09-03-2018	14	3 813,00	20,2	10,1	80,12	1 618,42	2,36	23 307,53	296,76
3	23-03-2018	28	3 834,50	20,2	10,1	80,12	1 618,42	2,37	25 350,64	323,35
PROMEDIO									281,81	




Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos

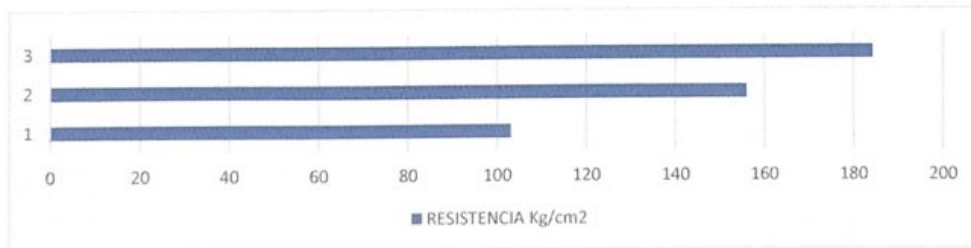


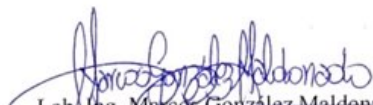

William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLUCIDO: "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN"
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	CILINDROS DE HORMIGÓN + FIBRA DE VIDRIO
FECHA	26/02/2018

ENSAYO DE COMPRESIÓN - ANEXO 11

N°	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ENSAYO	PESO	DIMENSIONES		ÁREA	VOLUMEN	PESO/VOL	CARGA	RESISTENCIA
			gramos	(Altura) cm	(Diámetro) cm	cm ²	cm ³	Gr/cm ³	kg	Kg/cm ²
1	05-03-2018	7	3.627,50	20,3	10,1	80,12	1.626,44	2,23	8.416,26	103,00
2	12-03-2018	14	3.669,50	20,2	10,1	80,12	1.618,42	2,27	12.250,81	155,99
3	26-03-2018	28	3.701,00	20,3	10,1	80,12	1.626,44	2,28	14.477,93	184,33
									PROMEDIO	147,77




Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos




William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación



Fundada en 1867

UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA

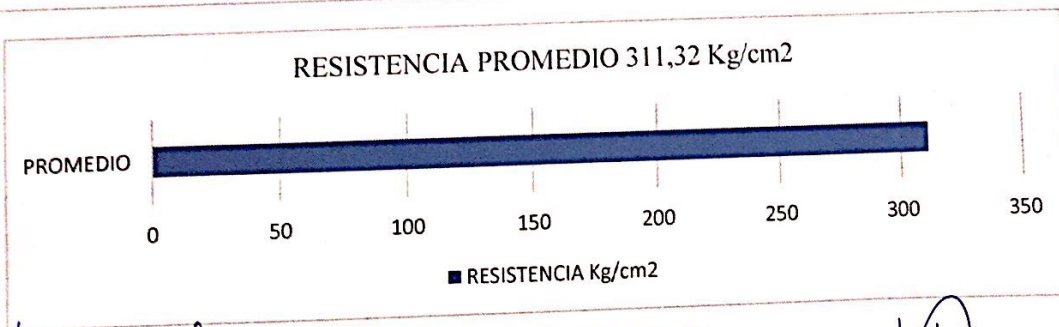
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLUCIDO "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN"
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	CUBOS DE HORMIGÓN (60%) + RESINA (40%)
FECHA	05/03/2018

ANEXO 12

N°	FECHA DE ROTURA	EDAD DE ENSAYO	PESO gramos	DIMENSIONES			ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO/VOL Gr/cm ³	CARGA kg	RESISTENCIA Kg/cm ²
				(L) cm	(A) cm	(E) cm					
1	05-03-2018	3	227,85	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,82	6.946,25	277,85
2	09-03-2018	7	231,91	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	7.128,53	285,14
3	16-03-2018	14	242,30	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,94	7.519,08	300,77
4	23-03-2018	21	259,50	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	2,08	8.371,75	334,87
5	02-04-2018	28	264,49	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	2,12	8.949,00	357,96
PROMEDIO										311,32	



Lab. Sandro Leonel Verdugo
Laboratorio de Geotecnia y Estructuras

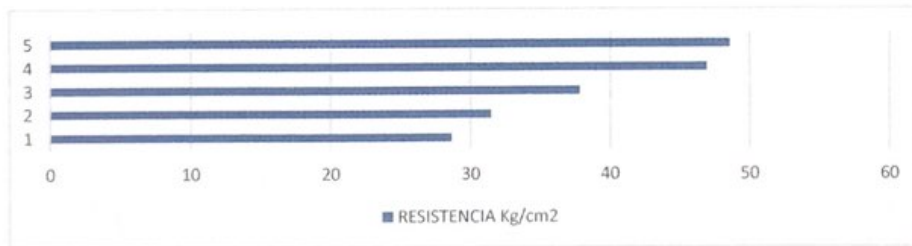


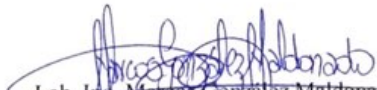
William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN"
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS DE HORMIGÓN + RESINA POLIÉSTER
FECHA	23/04/2018


ENSAYO DE FLEXIÓN - ANEXO 13

N°	FECHA ROTURA	EDAD ENSAYO días	PESO SECO gramos	DIMENSIONES			ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO/VOL Gr/cm ³	CARGA MÁX kg	MÓDULO DE ROTURA Kg/cm ²
				(Luz) cm	(b) cm	(d) cm					
1	26-04-2018	3	1.697,80	25,00	15,00	2,90	450,00	1.305,00	1,30	96,38	28,65
2	30-04-2018	7	1.704,80	25,00	15,00	3,00	450,00	1.350,00	1,26	113,33	31,48
3	07-05-2018	14	1.709,40	25,00	15,00	3,18	450,00	1.431,00	1,19	152,98	37,82
4	14-05-2018	21	1.705,70	25,00	15,00	3,00	450,00	1.350,00	1,26	168,88	46,91
5	21-05-2018	28	1.706,10	25,00	15,00	3,10	450,00	1.395,00	1,22	186,70	48,57
PROMEDIO											38,69




Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos

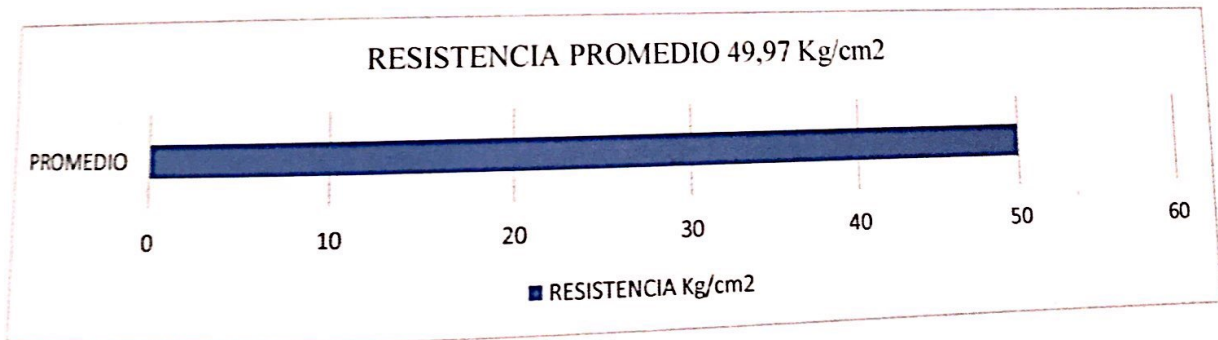
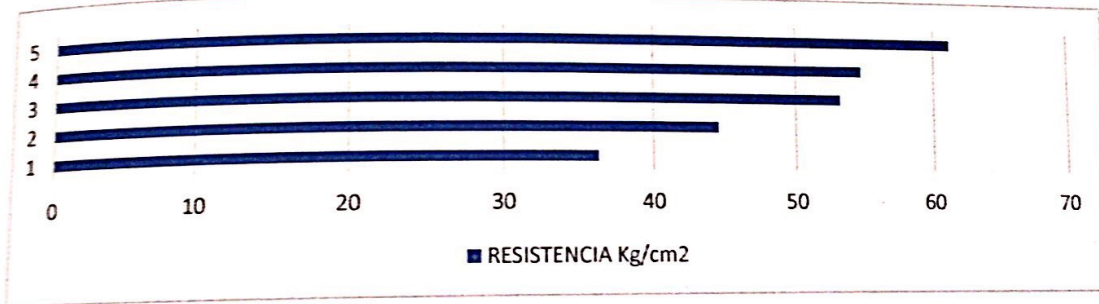



William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLUCIDO. "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS DE HORMIGÓN + FIBRA ÓPTICA
FECHA	14/05/2018

ENSAYO DE FLEXIÓN - ANEXO 14

N°	FECHA ROTURA	EDAD ENSAYO días	PESO SECO gramos	DIMENSIONES			ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	PESO/VOL Gr/cm ³	CARGA MÁX kg	MÓDULO DE ROTURA Kg/cm ²
				(Luz) cm	(b) cm	(d) cm					
1	17-04-2018	3	2.885,40	25,00	15,00	3,00	450,00	1.350,00	2,14	130,61	36,28
2	21-05-2018	7	2.934,60	25,00	15,10	3,20	453,00	1.449,60	2,02	183,57	44,52
3	28-05-2018	14	3.040,90	25,00	14,90	3,00	447,00	1.341,00	2,27	190,14	53,17
4	04-05-2018	21	3.053,20	25,00	15,20	3,10	456,00	1.413,60	2,16	213,03	54,69
5	11-05-2018	28	3.116,80	25,00	15,00	3,15	450,00	1.417,50	2,20	242,82	61,18
PROMEDIO											49,97



Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos

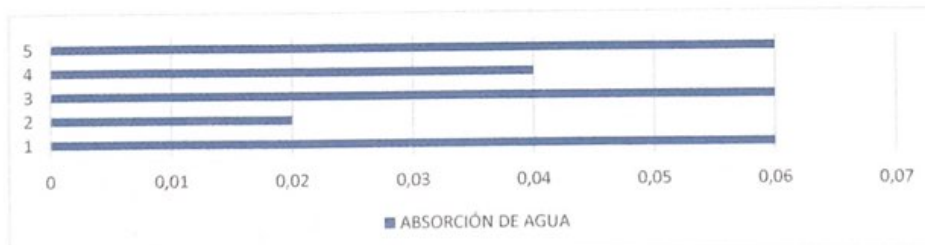


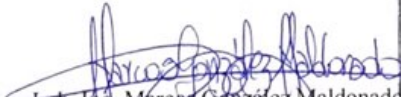
William German Vélez Abad
William German Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VELEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS DE HORMIGÓN + RESINA POLIÉSTER
FECHA	25/04/2018


ENSAYO DE ABSORCIÓN - ANEXO 15

DATOS DEL ENSAYO			
MUESTRA	PESO. SECO	PESO INMERSIÓN	ABSORCIÓN
	gramos	gramos	%
1	1.697,80	1.698,80	0,06
2	1.704,80	1.705,10	0,02
3	1.709,40	1.710,50	0,06
4	1.705,70	1.706,30	0,04
5	1.706,10	1.707,20	0,06
PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN			0,05




Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos



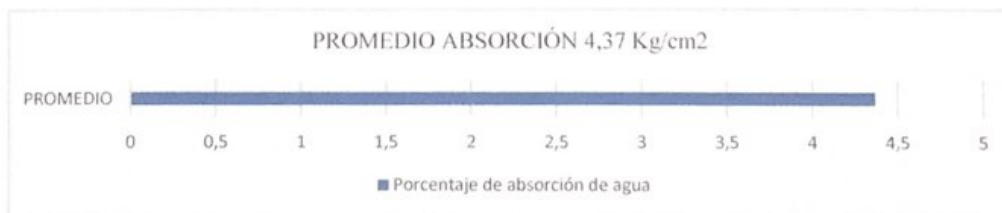

William Germán Vélaz Abad
Autor: Trabajo de Titulación

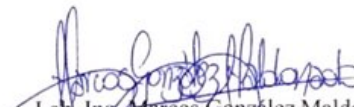
PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLUCIDO: "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS DE HORMIGÓN + FIBRA ÓPTICA
FECHA	14/05/2018

ENSAYO DE ABSORCIÓN - ANEXO 16


DATOS DEL ENSAYO – SIN CAPA DE RESINA PARA ACABADO

MUESTRA	PESO. SECO	PESO INMERSIÓN	ABSORCIÓN
	gramos	gramos	%
1	2.874	3.025	5,25
2	2.925	3.071	4,99
3	3.032	3.154	4,02
4	3.041	3.193	5,00
5	3.108	3.244	4,38
PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN			4,37




 Lab. Ing. Marcos González Maldonado
 Laboratorio de Suelos

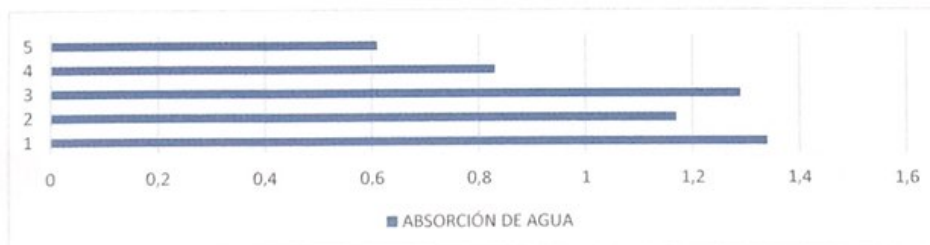




 William Germán Vélez Abad
 Autor: Trabajo de Titulación

PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS DE HORMIGÓN + FIBRA ÓPTICA
FECHA	16-05-2018


ENSAYO DE ABSORCIÓN - ANEXO 17

DATOS DEL ENSAYO – CON CAPA DE RESINA PARA ACABADO			
MUESTRA	PESO. SECO	PESO INMERSIÓN	ABSORCIÓN
	gramos	gramos	%
1	2.885,40	2.924,00	1,34
2	2.934,60	2.968,80	1,17
3	3.040,90	3.080,00	1,29
4	3.053,20	3.078,50	0,83
5	3.116,80	3.135,70	0,61
PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN			1,05




Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos

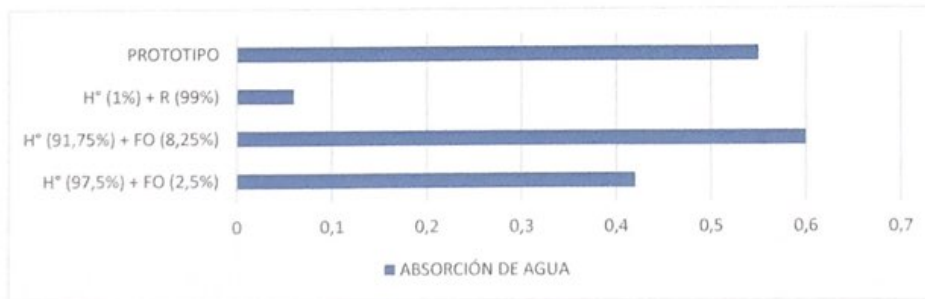




William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación


PROYECTO	HORMIGÓN TRANSLÚCIDO. "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN".
DIRECTOR DE TESIS:	MSC. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR
SOLICITADO POR:	WILLIAM GERMAN VÉLEZ ABAD
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS FINALES
FECHA	06/09/2018

ENSAYO DE ABSORCIÓN - ANEXO 18

DATOS DEL ENSAYO – SIN CAPA DE RESINA PARA ACABADO			
MUESTRA	PESO. SECO	PESO INMERSIÓN	ABSORCIÓN
	gramos	gramos	%
HORMIGÓN (97,5%) + FIBRA ÓPTICA (2,5%)	5.884,40	5.909,00	0,42
HORMIGÓN (91,75%) + FIBRA ÓPTICA (8,25%)	5.782,90	5.817,50	0,60
HORMIGÓN (1%) + RESINA POLIÉSTER (99%)	3.416,60	3.418,80	0,06
PROPUESTA PROTOTIPO	4.940,30	4.967,50	0,55




Lab. Ing. Marcos González Maldonado
Laboratorio de Suelos


William Germán Vélez Abad
Autor: Trabajo de Titulación



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL

Yo, **WILLIAM GERMÁN VÉLEZ ABAD** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 1400734891. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **HORMIGÓN TRANSLÚCIDO: "ANÁLISIS DE DOS MATERIALES EXISTENTES EN NUESTRO MEDIO QUE PUEDEN PERMITIR LA TRANSLUCIDEZ DEL HORMIGÓN"** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 31 de Enero de 2019


F:
William Germán Vélez Abad
C.I. 1400734891