

# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y DEL  
AMBIENTE**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO FAST TRACK EN REPARACION Y  
REHABILITACION DE PAVIMENTOS, EN LA CIUDAD DE AREQUIPA – 2016**

**Tesis presentada por las Bachilleres:  
DANIELA PALIZA FLOREZ  
DANNERY TIFFANY QUISPE HUILLCA  
Para optar título profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**AREQUIPA – PERU**

**2016**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por ser nuestra guía, ser la motivación que nos llevó a culminar nuestras metas. A nuestros padres por su apoyo incondicional para la realización de esta investigación, a nuestros hermanos que siempre han confiado en nosotras.

## PRESENTACIÓN

La presente investigación titulada “DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO FAST TRACK EN REPARACION Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS, EN LA CIUDAD DE AREQUIPA – 2016”, es presentada ante ustedes Señores Miembros del Jurado para su respectiva evaluación, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, que otorga la Universidad Católica Santa María. El fin relevante de la investigación es proponer la aplicación del concreto Fast-Track para la reparación y rehabilitación de pavimentos obteniendo un diseño de mezclas con una resistencia a compresión superior a  $280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad de 8 , 12 y 24 horas , utilizando aditivos superplastificantes y acelerantes de fragua junto con materiales de nuestra región Arequipa.

Agradecemos la colaboración recibida para la realización del presente trabajo al Ingeniero Olger Javier Febres Rosado, quien fue nuestro asesor de tesis, a la empresa **CONCRETOS SUPERMIX S.A**, en especial al Ing. Carlos Guerra Cisneros y a la Ing. Patricia Carpio Salazar, quienes estuvieron en supervisión constante en todo el proceso de investigación, brindándonos acceso al uso de los equipos de laboratorio para la obtención de las características de los agregados, así como también para las distintas pruebas del concreto.

## INDICE GENERAL

RESUMEN	20
SUMMARY	21
INTRODUCCION	22
<b>CAPITULO I. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION</b>	<b>.....23</b>
1. 1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	23
1. 2. OBJETIVOS	24
1. 3. HIPOTESIS	24
1. 4. VARIABLES DE ESTUDIO	25
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO</b>	<b>.....27</b>
2. 1. CONCRETO FAST TRACK	27
2.1.1. HISTORIA DEL CONCRETO FAST TRACK	.....27
2.1.2. DEFINICION DEL CONCRETO FAST TRACK	.....28
2.1.3. USOS DEL CONCRETO FAST TRACK	.....29
2.1.4. VENTAJAS DE LA UTILIZACION DEL CONCRETO FAST TRACK	.....30
2.1.5. DESVENTAJAS DE LA UTILIZACION DEL CONCRETO FAST TRACK	.....31
2.1.6. PRINCIPIOS BASICOS Y REQUERIMIENTOS DE FAST TRACK	.....31
2.1.7. MATERIALES DEL CONCRETO FAST TRACK	.....37
2. 2. DETERIORO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS	40
2.2.1. PAVIMENTO ASFÁLTICO	.....40
2.2.2. FALLAS DE LOS PAVIMENTOS	.....41

2. 3.	SISTEMA WHITETOPPING	45
2.3.1	DEFINICIÓN.....	46
2.3.2	VENTAJAS .....	48
2.3.3	ADHERENCIA.....	49
2. 4.	PROCESO CONSTRUCTIVO	50
2.4.1	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.....	51
2.4.2	LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE .....	53
2.4.3	RECUBRIMIENTO DE LA SUPERFICIE CON CONCRETO .....	53
2.4.4	CORTE DE JUNTAS.....	53
2.4.5	CURADO DEL CONCRETO .....	54
2.4.6	APERTURA AL TRANSITO .....	54
<b>CAPITULO III.</b>	<b>INVESTIGACION</b>	<b>55</b>
3. 1.	DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO FAST TRACK	55
3. 2.	MATERIALES CONSTITUYENTES DE CONCRETO FAST TRACK	64
3.2.1.	AGUA .....	64
3.2.2.	CEMENTO.....	64
3.2.3.	AGREGADO GRUESO.....	68
3.2.4.	AGREGADO FINO .....	68
3.2.5.	ADITIVOS .....	68
3.2.6.	MÉTODO DE CURADO DEL CONCRETO .....	72
3. 3.	PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	74

3.3.1. ENSAYOS AL AGREGADO FINO .....	74
3.3.2. ENSAYOS AL AGREGADO GRUESO.....	81
3. 4. PROPIEDADES DEL CONCRETO	88
3.4.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO.....	88
3.4.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO.....	100
3. 5. PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE UNA PROPORCION ADECUADA DE LOS COMPONENTES DE CONCRETO FAST TRACK	124
3.5.1. PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO FAST TRACK .....	124
3. 6. DISEÑO DE MEZCLAS	125
3.6.1. CEMENTO YURA TIPO HE.....	126
3.6.2. CEMENTO YURA TIPO IP.....	129
3.6.3. CEMENTO YURA TIPO I .....	130
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS</b> .....	132
4. 1. ENSAYOS DE LABORATORIO DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO	132
4.1.1. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO .....	132
4.1.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO .....	137
4.1.3. CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO (MÉTODO DE PRESIÓN) .....	138
4.1.4. TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO .....	139

4.1.5. MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN.....	144
4. 2. ENSAYOS DE LABORATORIO DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	164
4.2.1. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	164
4.2.2. ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	203
<b>CAPITULO V. ANALISIS DE COSTOS.....</b>	<b>210</b>
5.1 ANALISIS DE COSTO UNITARIO	210
5.2 COSTOS FINALES DEL CONCRETO FAST TRACK	220
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	227
<b>CONCLUSIONES</b>	227
<b>RECOMENDACIONES</b>	230
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	231
ANEXOS	233

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Variables y Unidades de Estudio .....	25
Tabla 2	Ensayos de Laboratorio en Concreto Fresco.....	25
Tabla 3	Ensayos de Laboratorio en Concreto Endurecido.....	26
Tabla 4	<i>Características de los aditivos.....</i>	<i>39</i>
Tabla 5	Deterioros o fallas de los pavimentos asfaltados .....	41
Tabla 6	Guía para reparar fallas existentes en pavimentos de asfalto antes de aplicar una sobrecapa de concreto .....	50
Tabla 7	Código de los diseños de Mezcla .....	56
Tabla 8	<i>Cantidades de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño nominal máximo del agregado.....</i>	<i>58</i>
Tabla 9	<i>Módulo de finura de la combinación de agregados.....</i>	<i>59</i>
Tabla 10	<i>Módulo de finura de los diseños.....</i>	<i>60</i>
Tabla 11	Valores de $r_f$ de los diseños de mezclas .....	61
Tabla 12	Cantidad de cemento en kg por $m^3$ .....	67
Tabla 13	Cuadro de Resultados Peso Específico Agregado Fino .....	78
Tabla 14	Cuadro de Resultados P.U. Suelto y Compactado del Agregado Fino .....	79
Tabla 15	<i>Cuadro de resultados Peso Específico Agregado Fino.....</i>	<i>84</i>
Tabla 16	<i>Cuadro de Resultados P. U. Suelto y Compactado del Agregado Grueso .....</i>	<i>84</i>
Tabla 17	Área de las agujas del equipo del penetrómetro .....	96
Tabla 18	<i>Clasificación de la permeabilidad del concreto en función del coeficiente <math>kT</math> .....</i>	<i>103</i>
Tabla 19	<i>Clasificación de la calidad del concreto según Leslie y Cheesman.....</i>	<i>104</i>
Tabla 20	<i>Clasificación de la calidad del concreto según Agraval.....</i>	<i>105</i>
Tabla 21	<i>Ecuaciones según número de rebotes.....</i>	<i>111</i>
Tabla 22	Velocidad posible de corrosión de acuerdo a la resistividad .....	117

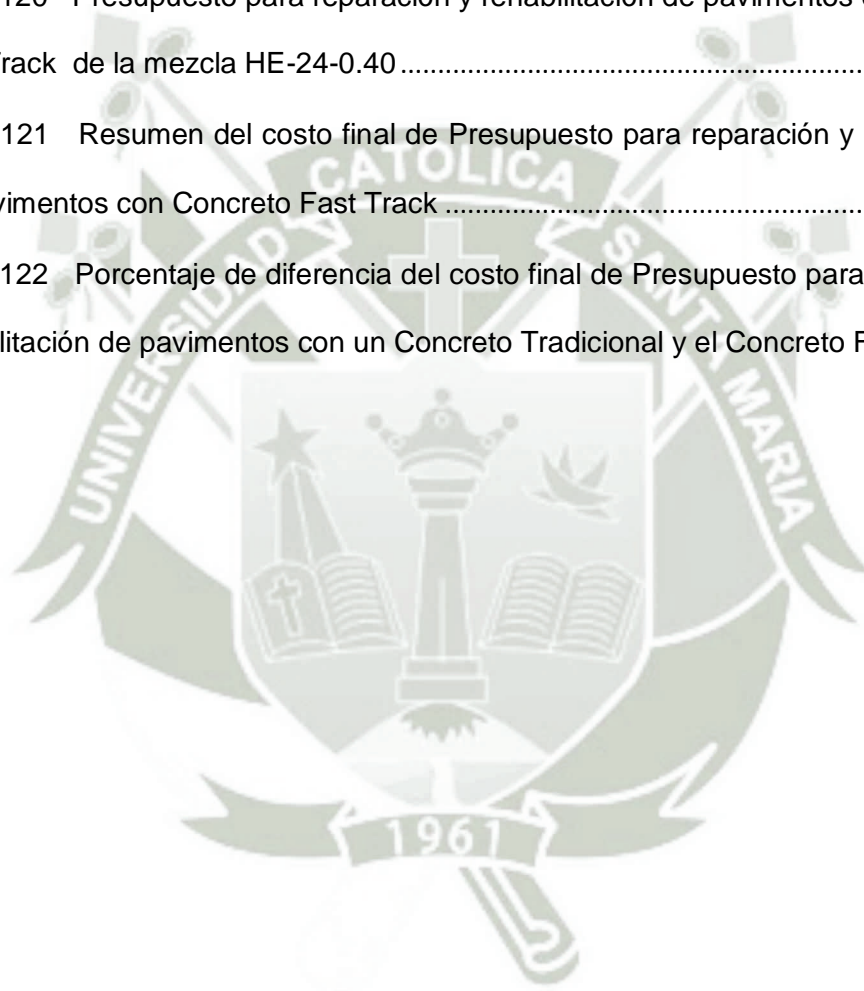
Tabla 23	Diseño HE-24-0.40 .....	126
Tabla 24	Diseño HE-24-0.38 .....	127
Tabla 25	Diseño HE-24-0.35 .....	127
Tabla 26	Diseño HE-12-0.26 .....	128
Tabla 27	Diseño HE-08-0.25 .....	128
Tabla 28	Diseño IP-24-0.30 .....	129
Tabla 29	Diseño IP-U-24-0.40 .....	129
Tabla 30	Diseño de mezclas I-24-0.35 .....	130
Tabla 31	Diseño de mezclas I-12-0.26 .....	130
Tabla 32	Diseño de mezclas I-08-0.25 .....	131
Tabla 33	Slump HE – 24 – 0.40 .....	132
Tabla 34	Slump HE – 24 – 0.38 .....	133
Tabla 35	Slump HE – 24 – 0.35 .....	133
Tabla 36	Slump HE – 12 – 0.26 .....	134
Tabla 37	Slump HE – 08 – 0.25 .....	134
Tabla 38	Slump IP – 24 – 0.30 .....	135
Tabla 39	Slump IP – U – 24 – 0.40 .....	135
Tabla 40	Slump I – 24 – 0.33 .....	136
Tabla 41	Slump I – 12 – 0.25 .....	136
Tabla 42	Slump I – 08 – 0.24 .....	137
Tabla 43	Resumen Peso Unitario Cemento Tipo HE .....	137
Tabla 44	Resumen Peso Unitario Cemento Tipo IP .....	138
Tabla 45	Resumen Peso Unitario Cemento Tipo I .....	138
Tabla 46	Resumen Contenido de aire Cemento Tipo HE .....	138
Tabla 47	Resumen Contenido de aire Cemento Tipo IP .....	139

Tabla 48	Resumen Contenido de aire Cemento Tipo I.....	139
Tabla 49	Temperatura HE – 24 – 0.40.....	139
Tabla 50	Temperatura HE – 24 – 0.38.....	140
Tabla 51	Temperatura HE – 24 – 0.35.....	140
Tabla 52	Temperatura HE – 12 – 0.26.....	141
Tabla 53	Temperatura HE – 08 – 0.25.....	141
Tabla 54	Temperatura IP – 24 – 0.30 .....	142
Tabla 55	Temperatura IP – U – 24 – 0.40 .....	142
Tabla 56	Temperatura I – 24 – 0.33.....	143
Tabla 57	Temperatura I – 12 – 0.25.....	143
Tabla 58	Temperatura I – 08 – 0.24.....	144
Tabla 59	Características del ensayo HE-24-0.40.....	145
Tabla 60	Cálculos del ensayo HE-24-0.40 .....	145
Tabla 61	Características del ensayo HE-24-0.38.....	147
Tabla 62	Cálculos del ensayo HE-24-0.38 .....	147
Tabla 63	Características del ensayo HE-24-0.35.....	149
Tabla 64	Cálculos del ensayo HE-24-0.35 .....	149
Tabla 65	Características del ensayo HE-12-0.26.....	151
Tabla 66	Cálculos del ensayo HE-12-0.26 .....	151
Tabla 67	Características del ensayo HE-08-0.25.....	153
Tabla 68	Cálculos del ensayo HE-08-0.25 .....	153
Tabla 69	Características del ensayo IP-24-0.30.....	155
Tabla 70	Cálculos del ensayo IP-24-0.30.....	155
Tabla 71	Características del ensayo I-24-0.33 .....	157
Tabla 72	Cálculos del ensayo I-24-0.33.....	157

Tabla 73	Características del ensayo I-12-0.25 .....	159
Tabla 74	Cálculos del ensayo I-12-0.25.....	159
Tabla 75	Características del ensayo I-08-0.24 .....	161
Tabla 76	Cálculos del ensayo HE-08-0.25 .....	161
Tabla 77	Resumen de resultados ensayo de fragua.....	163
Tabla 78	<i>Resumen de Permeabilidad de Torrent</i> .....	164
Tabla 79	Resumen de Resultados ensayo de Ultrasonido .....	166
Tabla 80	Resumen del ensayo de velocidad de pulso ultrasónico, resistencia a la compresión real, resistencia a la compresión estimada y porcentaje residual .....	173
Tabla 81	Resultados de Calidad del Concreto.....	175
Tabla 82	<i>Resumen de Resultados ensayo de Número de Rebotes</i> .....	178
Tabla 83	Regresión lineal del ensayo de Número de Rebotes.....	180
Tabla 84	Resumen del ensayo de número de rebotes, resistencia a la compresión real, resistencia a la compresión estimada y porcentaje residual .....	182
Tabla 85	Contracción – cambio de longitud HE-24-0.40 .....	185
Tabla 86	Contracción – cambio de longitud HE-24-0.38 .....	186
Tabla 87	Contracción – cambio de longitud HE-24-0.35 .....	187
Tabla 88	Contracción – cambio de longitud HE-12-0.26 .....	188
Tabla 89	Contracción – cambio de longitud HE-08-0.25 .....	189
Tabla 90	Contracción – cambio de longitud IP-24-0.30.....	190
Tabla 91	Contracción – cambio de longitud IP-U-24-0.40.....	191
Tabla 92	Contracción – cambio de longitud IP-24-0.33.....	192
Tabla 93	Contracción – cambio de longitud I-12-0.25 .....	193
Tabla 94	Contracción – cambio de longitud I-12-0.25 .....	194
Tabla 95	Resumen de ensayo de contracción.....	195

Tabla 96	Regresión lineal del ensayo de Resistividad.....	196
Tabla 97	Resumen del ensayo de Resistividad, resistencia a la compresión real, resistencia a la compresión estimada y porcentaje residual. ....	200
Tabla 98	Resumen del ensayo de Resistividad.....	202
Tabla 99	Resistencia a compresión promedio .....	203
Tabla 100	Resumen de resistencia a compresión.....	206
Tabla 101	Resumen de Modulo de Rotura.....	207
Tabla 102	Resumen de resultados permeabilidad al agua bajo presión.....	208
Tabla 103	Análisis de costos unitarios de la mezcla de Concreto Tradicional .....	211
Tabla 104	Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-24-0.40.....	212
Tabla 105	Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-24-0.38.....	212
Tabla 106	Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-24-0.35.....	213
Tabla 107	Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-12-0.26.....	213
Tabla 108	Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-08-0.25.....	214
Tabla 109	Análisis de costos unitarios de la mezcla IP-24-0.30 .....	214
Tabla 110	Análisis de costos unitarios de la mezcla IP-U-24-0.30 .....	215
Tabla 111	Análisis de costos unitarios de la mezcla I-24-0.30 .....	215
Tabla 112	Análisis de costos unitarios de la mezcla I-12-0.25.....	216
Tabla 113	Análisis de costos unitarios de la mezcla I-08-0.24 .....	216
Tabla 114	Cuadro comparativo de costos del concreto.....	217
Tabla 115	Porcentaje del precio final del concreto a 24 horas respecto al concreto Tradicional.....	219
Tabla 116	Porcentaje del precio final del concreto a 12 horas respecto al concreto tradicional .....	219

Tabla 117	Porcentaje del precio final del concreto a 08 horas respecto al concreto tradicional .....	220
Tabla 118	Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Carpeta Asfáltica .....	221
Tabla 119	Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Concreto tradicional .....	222
Tabla 120	Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Concreto Fast Track de la mezcla HE-24-0.40 .....	223
Tabla 121	Resumen del costo final de Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Concreto Fast Track .....	224
Tabla 122	Porcentaje de diferencia del costo final de Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con un Concreto Tradicional y el Concreto Fast Track .....	224



## INDICE DE GRAFICOS

Gráfica 1	Gráfica granulométrica del agregado fino .....	75
Gráfica 2	Grafica Granulométrica del Agregado Grueso.....	81
Gráfica 3	Curva básica para el ensayo de determinación del índice de rebote, tomado de la UNE –EN-13791 .....	112
Gráfica 4	Contenido de Agua – Porcentaje de contracción por secado .....	113
Gráfica 5	Mantenimiento de Slump HE-24-0.40 .....	132
Gráfica 6	Mantenimiento de Slump HE-24-0.38 .....	133
Gráfica 7	Mantenimiento de Slump HE-24-0.35 .....	133
Gráfica 8	Mantenimiento de Slump HE-12-0.26 .....	134
Gráfica 9	Mantenimiento de Slump HE-08-0.25 .....	134
Gráfica 10	Mantenimiento de Slump IP-24-0.30.....	135
Gráfica 11	Mantenimiento de Slump IP-U-24-0.40.....	135
Gráfica 12	Mantenimiento de Slump I-24-0.33 .....	136
Gráfica 13	Mantenimiento de Slump I-12-0.25 .....	136
Gráfica 14	Mantenimiento de Slump I-08-0.24 .....	137
Gráfica 15	Mantenimiento de Temperatura HE-24-0.40.....	139
Gráfica 16	Mantenimiento de Temperatura HE-24-0.38.....	140
Gráfica 17	Mantenimiento de Temperatura HE-24-0.35.....	140
Gráfica 18	Mantenimiento de Temperatura HE-12-0.26.....	141
Gráfica 19	Mantenimiento de Temperatura HE-08-0.25.....	141
Gráfica 20	Mantenimiento de Temperatura IP-24-0.30.....	142
Gráfica 21	Mantenimiento de Temperatura IP-U-24-0.40 .....	142
Gráfica 22	Mantenimiento de Temperatura I-24-0.33 .....	143
Gráfica 23	Mantenimiento de Temperatura I-12-0.25 .....	143

Gráfica 24	Mantenimiento de Temperatura I-08-0.24 .....	144
Gráfica 25	Tiempo - Resistencia de penetración HE-24-0.40.....	146
Gráfica 26	Tiempo - Resistencia de penetración HE-24-0.38.....	148
Gráfica 27	Tiempo - Resistencia de penetración HE-24-0.35.....	150
Gráfica 28	Tiempo - Resistencia de penetración HE-12-0.26.....	152
Gráfica 29	Tiempo - Resistencia de penetración HE-08-0.25.....	154
Gráfica 30	Tiempo - Resistencia de penetración IP-24-0.30 .....	156
Gráfica 31	Tiempo - Resistencia de penetración I-24-0.33.....	158
Gráfica 32	Tiempo - Resistencia de penetración I-12-0.25.....	160
Gráfica 33	Tiempo - Resistencia de penetración HE-08-0.25.....	162
Gráfica 34	Resumen de Permeabilímetro de Torrent. ....	165
Gráfica 35	Resumen de ensayo de ultrasonido formula cúbica .....	175
Gráfica 36	<i>Resumen de Ensayo de Ultrasonido .....</i>	<i>177</i>
Gráfica 37	<i>Resultados ensayo de Número de Rebotes-Resistencia a compresión .....</i>	<i>182</i>
Gráfica 38	Resultados ensayo de Tiempo -Número de Rebotes.....	184
Gráfica 39	Tiempo – Cambio de longitud HE-24-0.40 .....	186
Gráfica 40	Tiempo – Cambio de longitud HE-24-0.38 .....	187
Gráfica 41	Tiempo – Cambio de longitud de HE-24-0.35.....	188
Gráfica 42	Tiempo – Cambio de longitud de HE-12-0.26.....	189
Gráfica 43	Tiempo – Cambio de longitud de HE-08-0.25.....	190
Gráfica 44	Tiempo – Cambio de longitud IP-24-0.30.....	191
Gráfica 45	Tiempo – Cambio de longitud IP-U-24-0.40.....	192
Gráfica 46	Tiempo – Cambio de longitud de I-24-0.33 .....	193
Gráfica 47	Tiempo – Cambio de longitud de I-12-0.25 .....	194
Gráfica 48	Tiempo – Cambio de longitud de I-12-0.25 .....	195

Gráfica 49 Resumen de ensayo de contracción. ....	196
Gráfica 50 Resultados ensayo de Resistividad-Resistencia a compresión .....	199
Gráfica 51 Resumen de los ensayos de Permeabilidad al agua bajo presión. ....	209
Gráfica 52 Gráfico de barras de los costos del concreto según su edad.....	218
Gráfica 53 Gráfico de barras de los costos finales del presupuesto con concreto según su edad.....	225
Gráfica 54 Gráfico de barras de los costos finales del presupuesto con carpeta asfáltica, concreto tradicional y concreto Fast Track.....	226



## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1</i>	<i>Esquema pavimento asfáltico. Adaptado de “Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping”, p.12, por Orell E. 2009, Valdivia-Chile</i>	40
<i>Ilustración 2</i>	<i>Falla estructural: Piel de cocodrilo, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014</i>	43
<i>Ilustración 3</i>	<i>Falla estructural: Fisura Longitudinal, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014</i>	43
<i>Ilustración 4</i>	<i>Falla estructural: Deformaciones, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014</i>	44
<i>Ilustración 5</i>	<i>Falla estructural: Ahuellamiento, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014</i>	44
<i>Ilustración 6</i>	<i>Falla Superficial: Peladura y desprendimiento, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014</i>	44
<i>Ilustración 7</i>	<i>Falla Superficial: Baches, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014</i>	45
<i>Ilustración 8</i>	<i>Falla Superficial: Fisuras Transversales, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014</i>	45
<i>Ilustración 9</i>	<i>Esquema de la estructura de los pavimentos delgados de concreto sobre asfalto, tomado de “Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping”, p.12, por Orell E. 2009, Valdivia-Chile</i>	46
<i>Ilustración 10</i>	<i>Pavimento con sistema Whitetopping, tomado de, Aplicaciones de capas de concreto sobre pavimento de asfalto (Whitetopping), Notas Técnicas Instituto Colombiano de productores de cemento (1999).</i>	49
<i>Ilustración 11</i>	<i>Reducción de esfuerzos debido a la adherencia entre las capas de concreto y asfalto, tomado de “Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón”, p. 22, de Ruiz J. (2006), Universidad de Chile, Santiago de Chile</i>	50

<i>Ilustración 12 Superficie fresada con textura rugosa para obtener una buena adherencia, tomada de “Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón”, p. 22, de Ruiz J. (2006), Universidad de Chile, Santiago de Chile</i>	52
<i>Ilustración 13 Aplicación de aspillera para obtener una textura rugosa, tomada de “Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón”, p. 30, de Ruiz J. (2006), Universidad de Chile, Santiago de Chile</i>	53
<i>Ilustración 14 Agregado Fino de la Cantera Poderosa Planta Concretos SUPERMIX</i>	68
<i>Ilustración 15 Proceso de Cristalización del aditivo Master X-Seed 100. Tomado de una reproducción multimedia de la empresa BASF.</i>	69
<i>Ilustración 16 Lana de Fibra de Vidrio</i>	72
<i>Ilustración 17 Medición para confección de las mantas</i>	73
<i>Ilustración 18 Mantas de fibra de vidrio cubiertas con plástico</i>	73
<i>Ilustración 19 Curado de concreto con mantas de Fibra de Vidrio</i>	73
<i>Ilustración 20 Tamizadora Mecánica</i>	74
<i>Ilustración 21 Instrumentos para el ensayo de Peso Especifico</i>	76
<i>Ilustración 22 Colocación de la muestra de agregado en el cono</i>	77
<i>Ilustración 23 Picnómetro con la muestra de agregado fino</i>	77
<i>Ilustración 24 . Enrasamiento del molde de Peso Unitario con Agregado Fino</i>	80
<i>Ilustración 25 Dispositivo de Suspensión</i>	83
<i>Ilustración 26 Instrumentación para ensayo de P.U. suelto y compactado de Agregado Grueso</i>	84
<i>Ilustración 27 Máquina de los Ángeles</i>	87
<i>Ilustración 28 Medida del asentamiento del concreto</i>	89
<i>Ilustración 29 Ensayo de Contenido de Aire</i>	92
<i>Ilustración 30 Medición de Temperatura del concreto</i>	94
<i>Ilustración 31 Agujas del equipo de Penetración</i>	96
<i>Ilustración 32 Ensayo del Penetrómetro</i>	98
<i>Ilustración 33 Equipo de Permeabilidad de Torrent</i>	102
<i>Ilustración 34 Gráfica obtenida del Equipo de Pulso Ultrasónico</i>	106
<i>Ilustración 35 Medición de la velocidad de Ultrasonido</i>	106

<i>Ilustración 36 Funcionamiento del ensayo de esclerómetro, tomado de ACI 228.1R-03</i>	108
<i>Ilustración 37 Procedimiento del ensayo de Rebote</i>	111
<i>Ilustración 38 Utilización del equipo de contracción con la muestra HE-08-0.25</i>	115
<i>Ilustración 39 Funcionamiento del equipo de medición de resistividad "Resipod"</i>	118
<i>Ilustración 40 Uso del equipo de medición de resistividad "Resipod"</i>	119
<i>Ilustración 41 Ensayo de Flexo-tracción</i>	121
<i>Ilustración 42 Falla presentada en la viga de concreto después del ensayo de flexo-tracción.</i>	121
<i>Ilustración 43 Utilización del equipo de permeabilidad bajo presión de agua</i>	123
<i>Ilustración 44 Probeta partida a la mitad para medir la profundidad que penetra el agua.</i>	124
<i>Ilustración 45 Procedimiento de mezclado de concreto a 12 y 8 horas</i>	125
<i>Ilustración 46 Procedimiento de mezclado de concreto a 24 horas</i>	126
<i>Ilustración 47 Grafica del Permeabilímetro de Torrent.</i>	165

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es proponer la aplicación del concreto Fast-Track para la reparación y rehabilitación de pavimentos obteniendo concreto de altas resistencias iniciales, con diseños de mezclas que alcancen resistencias a compresión superiores a  $280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad de 8, 12 y 24 horas, utilizando aditivos superplastificantes y acelerantes de fragua junto con materiales de nuestra región Arequipa. La investigación está compuesta por cinco capítulos, los cuales se resumen a continuación:

En el primer capítulo presentamos la generalidad de esta investigación: objetivos, hipótesis y variables de estudio.

En el segundo capítulo se plantea las características, ventajas y principios usados en el concreto Fast Track y se detalla sobre la actual situación de los pavimentos en deterioro y sobre la implementación del Sistema Whitetopping.

En el tercer capítulo se describe la investigación, se realizó el concreto Fast Track con tres tipos de cemento YURA: Tipo HE, Tipo IP, Tipo I y el uso de aditivos superplastificantes, acelerantes y cemento ULTRAVAL, los cuales fueron analizados mediante ensayos de laboratorio como: Método estándar para la determinación del tiempo de fraguado, permeabilidad bajo presión de agua y Torrent, velocidad de ultrasonido, número de rebotes, contracción del concreto, resistividad, resistencia a la compresión y flexo-tracción.

En el cuarto capítulo en base a los datos obtenidos se realizaron regresiones lineales y cúbicas.

En el quinto capítulo se realiza un análisis de costos del concreto Fast Track.

Finalmente, se muestran conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## SUMMARY

The objective of this research is to propose the implementation of concrete Fast-Track for repairing and rehabilitation of pavements obtaining high initial resistance concrete, with a design of concrete mixtures, that meet resistance at higher compression 280 kg / cm<sup>2</sup> in a period of 8, 12 and 24 hours, using a superplasticizer accelerant additives combined with materials from our region, Arequipa. The research consists of five chapters, which are summarized below:

In the 1st chapter we present the general of this research: objectives, hypotheses and study variables.

In the 2nd chapter the characteristics, advantages and principal uses in concrete and detailed Fast Track on the current situation deteriorating pavements and on the implementation of Whitetopping system arises.

In the 3rd chapter research describes, concrete Fast Track was made with three types of cement Yura: Type HE, IP Type, Type I and the use of superplasticizer additive, accelerant and Ultraval cement, which were analyzed by laboratory tests such as: standard method for determining the setting time, water permeability under pressure and Torrent, ultrasound speed, number of rebounds, concrete shrinkage, resistivity, compressive and flexural strength..

In the 4th chapter based on data obtained linear regressions were performed cubic.

In the 5th chapter a cost analysis of concrete Fast Track is performed.

Finally, conclusions and recommendations.

## INTRODUCCION

El concreto Fast Track aplicado en reparación y rehabilitación de pavimentos, es un concreto diseñado para permitir la puesta rápida de servicio en un tiempo de 24 horas con la resistencia requerida.

En éste no sólo se llegará a un concreto que se pueda someter a fuerzas mayores al concreto convencional, sino que además se llegará a esta resistencia en el menor tiempo posible; por lo tanto el concreto Fast Track obtendrá una mayor durabilidad y calidad, lo que a largo plazo conducirá a resultados más económicos.<sup>1</sup>

El concreto Fast Track reduce las pérdidas de un largo proceso de reparación y rehabilitación de pavimentos. En las zonas urbanas limita el acceso de los residentes solo por 24 horas o menos, además tiene la ventaja de un reducido mantenimiento y una alta capacidad estructural que favorece a los usuarios.<sup>2</sup>

El concreto Fast Track se usa para reparación y rehabilitación de pavimentos rígidos así como también para pavimentos flexibles deteriorados. En el caso de pavimentos flexibles se podrá aplicar el concreto Fast Track en su reparación mediante una técnica de reparación llamada Sistema Whitetopping que consiste en primeramente reparar los deterioros sobre el pavimento flexible y posteriormente aplicar una capa de concreto sobre el pavimento ya reparado.

---

<sup>1</sup> Osorio, J. D. (2013), "Fast Track: Tecnología en los Pavimentos" , Ocaña , Colombia

<sup>2</sup> Osorio, J. D. (2011), "Aplicaciones del concreto Fast Track" , Ocaña , Colombia

## **CAPITULO I. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION**

### **1. 1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA**

Actualmente en Arequipa, la mayor parte de los pavimentos son flexibles, los cuales debido al tránsito y al mal clima muestran fisuras y grietas perjudicando la estructura y la estética del mismo, por lo tanto estas vías necesitan ser reparadas y/o rehabilitadas de tal forma que el período de apertura de la vía no exceda el tiempo tolerable.

A consecuencia de esta problemática es conveniente proponer nuevas tecnologías para la reparación y rehabilitación de pavimentos, con el objetivo de reducir el tiempo de ejecución de los proyectos y el costo de mantenimiento del pavimento.

¿Cómo diseñar mezclas de concreto Fast Track en reparación y rehabilitación de pavimentos en la ciudad de Arequipa?

## 1. 2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo General

Proponer la aplicación del Concreto Fast Track para la reparación y rehabilitación de pavimentos obteniendo un diseño de mezclas con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 24 horas.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un concreto Fast Track con la incorporación de aditivos Superplastificantes y Aceleradores de fragua.
- Dar a conocer los alcances de la tecnología del concreto Fast Track como una alternativa para la reparación y rehabilitación en las vías de la ciudad de Arequipa.
- Obtener las características, trabajabilidad, costos, y resistencias logradas con diseños hechos con materiales de las canteras de la ciudad de Arequipa.

## 1. 3. HIPOTESIS

Es probable implementar un Concreto Fast Track para la reparación y rehabilitación de pavimentos obteniendo un diseño de mezclas con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 24 horas.

#### 1. 4. VARIABLES DE ESTUDIO

*Tabla 1 Variables y Unidades de Estudio*

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES	UNIDAD DE ESTUDIO
<p>Relación Agua/cemento</p> <p>Tipo de cemento</p>	<p>Porcentaje de Aditivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superplastificante</li> <li>• Acelerador de fragua</li> </ul>	<p>Diseño de Mezclas por método de Modulo de Fineza</p>

*Tabla 2 Ensayos de Laboratorio en Concreto Fresco*

ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO	
TÉCNICA	NORMA
Asentamiento del concreto (SLUMP)	<b>ASTM C143</b>
Mantenimiento del asentamiento del concreto	
Peso unitario del concreto en estado fresco	<b>ASTM C138</b>
Contenido de aire en el concreto fresco (Método de Opresión)	<b>ASTM C231</b>
Temperatura del hormigón fresco	<b>ASTM C1064</b>
Método estándar para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por su resistencia a la penetración.	<b>ASTM C403</b>

Tabla 3 Ensayos de Laboratorio en Concreto Endurecido

<b>ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO</b>		
	<b>TÉCNICA</b>	<b>NORMA</b>
<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>	Permeabilímetro de Torrent	<b>DIN 28400</b>
	Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico	<b>ASTM C597</b>
	Ensayo de resistividad	<b>AASHTO TP 95-11</b>
	Ensayo de Número de Rebotes	<b>ASTM C805</b>
	Ensayo para la determinación del cambio de longitud del mortero y del concreto de cemento hidráulico endurecido	<b>ASTM C157 ASTM C490</b>
	<b>ENSAYOS DESTRUCTIVOS</b>	Resistencia a la compresión
Resistencia a la flexo-tracción o Módulo de Rotura		<b>ASTM C78</b>
Permeabilidad al agua bajo presión		<b>UNE - EN 12390-8</b>

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2. 1. CONCRETO FAST TRACK

#### 2.1.1. HISTORIA DEL CONCRETO FAST TRACK

La investigación sobre el Concreto Fast Track se llevó a cabo por el Programa de Investigación Estratégica de Carreteras (Strategic Highway Research Program- SHRP). Esta investigación incluyó mezclas de concretos de "Resistencia muy temprana "(Very Early Strenght - VES), y " Alta resistencia temprana" (High Early Strenght - HES) desarrollado bajo el proyecto de SHRP C-205 "Comportamiento mecánico de alto rendimiento del concreto." [Zia et al., 1993].<sup>3</sup>

Más tarde, los Laboratorios de Tecnología de Construcción (Construction Technology Laboratories, Inc - CTL) basado en once mezclas de Concreto Fast Track desarrollados bajo el SHRP, documentaron un informe titulado

---

<sup>3</sup> Strategic Highway Research Program (1993), Mechanical Behavior of High Performance Concretes, Volume 2, "Production of High Performance Concrete" –, Washington, DC

"Optimización de Tecnología del Concreto de Carreteras" <sup>4</sup> dentro del cual se recomendaron 4 nuevas investigaciones sobre el aumento de resistencia inicial. Posteriormente, la CTL presentó este informe a la Administración de Carreteras del Estado de Maryland (MDSHA) en Abril del 2003, de las cuales 8 mezclas resultaron adecuadas, siendo ejecutados dos en Georgia y ocho en Ohio.<sup>5</sup> Los principales proyectos de ejecución rápida en Chicago y Denver son buenos ejemplos de cómo el concreto Fast Track se encuentra con la necesidad de reducir el tiempo de construcción de vías urbanas y suburbanas.<sup>6</sup>

### 2.1.2. DEFINICION DEL CONCRETO FAST TRACK

El concreto Fast Track es un diseño de mezclas desarrollado para obtener altas resistencias en edades tempranas, aplicado principalmente en pavimentos de zonas urbanas y comerciales para rehabilitar y reparar tramos en un período de tiempo que no afecte el tránsito más de 24 horas. <sup>7</sup>

Para la elaboración del concreto Fast Track se requiere cementos de altas resistencias iniciales, además aditivos plastificantes y aceleradores de resistencia, es importante tener en cuenta que el tipo de método de curado para incrementar la resistencia en 24 horas.

El concreto resultante es de bajo costo y cumple una calidad adecuada, causando inconvenientes imperceptibles.

---

<sup>4</sup> SHRP Informe C-373 (2003)

<sup>5</sup> State Highway Administration (2005), Research Report: Rehabilitation and Maintenance of Road Pavements Using High Early Strength Concrete, University of Maryland, Maryland.

<sup>6</sup> CMI Corporation (1992), "The Walsh Group Is Fast-Tracking With Two-Track SF-350 Fro, CMI", CMI New, Fall Ed, Oklahoma City.

<sup>7</sup> Osorio, J. D. (2011),, Aplicación del Concreto Fast Track (2011), Colombia

### 2.1.3. USOS DEL CONCRETO FAST TRACK

#### 2.1.3.1 ZONAS COMERCIALES DE UN SOLO ACCESO

La clausura de una vía puede afectar la operación comercial de las empresas que requieren necesariamente el uso de esta; la reparación y rehabilitación prolongada del pavimento no solamente aumenta los costos de mantenimiento, sino también afecta directamente en la rutina diaria del usuario.<sup>8</sup> Proponiendo el empleo de un concreto Fast Track para la reparación y rehabilitación del pavimento se pretende reducir el tiempo de ejecución para una puesta rápida de servicio.<sup>9</sup>

#### 2.1.3.2 REPARACIÓN DE INTERSECCIONES VIALES

Las intersecciones Viales son puntos clave para el usuario, es por esto que su prolongada reparación puede causar problemas de congestionamiento vial.<sup>10</sup> La suspensión de la vía no es la opción más adecuada, existiendo la posibilidad de la reparación del pavimento por cuadrantes mediante el concreto Fast Track para su apertura rápida.<sup>11</sup>

#### 2.1.3.3 AEROPUERTOS

Para la reparación de pavimentos de aeropuertos se ha venido usando la tecnología de un concreto de alta resistencia para apresurar su construcción

---

<sup>8</sup> Arizapana, D.R. (2014), "Concreto Fast Track con aditivo económico", Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

<sup>9</sup> Ib. p.8

<sup>10</sup> Ib. p.8

<sup>11</sup> Ib. p.8

y reducir períodos improductivos de las aerolíneas.<sup>12</sup> Actualmente se emplea el concreto Fast Track como alternativa de construcción y reparación, siendo esta una opción económica y de construcción rápida, teniendo como ventajas la alta capacidad estructural y el bajo mantenimiento.<sup>13</sup>

#### 2.1.4. VENTAJAS DE LA UTILIZACION DEL CONCRETO FAST TRACK

- Menor tiempo de apertura de la vía, el concreto convencional demora entre 5 y 15 días para alcanzar la resistencia requerida, sin embargo, el concreto Fast Track requiere de un periodo corto de tiempo para obtener alta resistencia.<sup>14</sup>
- La rehabilitación y reparación de pavimentos haciendo uso de un concreto Fast Track tiene bajo costo de mantenimiento, buen comportamiento estructural, alto calor de hidratación.<sup>15</sup>
- La temprana habilitación de la vía minimiza al máximo el período de tiempo constructivo, lo cual genera a su vez menor costo en la mano de obra.
- Mayor grado de rugosidad en el pavimento, proporcionando seguridad al usuario.<sup>16</sup>
- Resistencia frente al ataque de combustibles y lubricantes.<sup>17</sup>

---

<sup>12</sup> Ib. p.8

<sup>13</sup> Arizapana, D.R. (2014), "Concreto Fast Track con aditivo económico", Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

<sup>14</sup> Sánchez, C. E. (2007) "Técnica de Rápida Habilidad al Tránsito en Pavimentos Rígidos Fast Track", Universidad Austral de Chile, Chile

<sup>15</sup> Ib. p.14

<sup>16</sup> Ib. p.14

<sup>17</sup> Ib. p.14

### 2.1.5. DESVENTAJAS DE LA UTILIZACION DEL CONCRETO FAST TRACK

El costo inicial del concreto Fast Track es mayor al costo de un concreto convencional, sin embargo a lo largo del tiempo el mantenimiento de éste es menor al convencional, lo cual reduce su costo final.<sup>18</sup>

### 2.1.6. PRINCIPIOS BASICOS Y REQUERIMIENTOS DE FAST TRACK

Al hablar del Concreto Fast Track uno de los requerimientos más importantes es la habilitación temprana del pavimento. Para esto es necesario lograr incrementos en la madurez del concreto sin aumentar el contenido de cemento, haciendo uso de aditivos para controlar el tiempo de fraguado y la obtención de resistencias tempranas. Normalmente, una mezcla de concreto de alta resistencia temprana o Concreto Fast Track requiere de un factor cemento mayor, una relación a/c optimizada, granulometría de agregados uniforme y aditivos específicos.<sup>19</sup>

Se debe de considerar cementos sin adición de puzolana para que el concreto desarrolle mayor calor de hidratación y por consecuencia alcance mayor resistencia a temprana edad. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG 2013 del Manual de Carreteras establece que:

---

<sup>18</sup> Ib. p.14

<sup>19</sup> Betran, D. y Muñoz, D. (2006) "Formulación y caracterización de los módulos de deformación del concreto para el uso de pavimentos rígidos", Universidad Industrial de Santander, Chile

- La cantidad de cemento por metro cúbico ( $m^3$ ) de concreto no será inferior a trescientos (300) kilogramos. La relación agua/cemento no será superior a 0,40.
- Contenido mínimo de aire incluido, para dar durabilidad debe ser mayor a 1.8%
- Resistencia a la flexo-tracción mínima necesaria, por consideraciones estructurales del pavimento rígido no deberá ser inferior a 3,3 MPa (MTC E 709)
- Manejar relación agua/cemento inferior a 0.40, y por tanto contenidos mínimos de cemento.
- El desgaste del agregado grueso en la máquina de Los Ángeles no podrá ser mayor de cuarenta por ciento (40%).
- El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio del espesor de diseño del pavimento.
- La apertura del tráfico se dará sólo cuando la resistencia a la flexo-tracción sea no menor de 3,86 MPa (38,6  $kg/cm^2$ ), se haya culminado al sellado de juntas, para prevenir futuras fallas por las contracciones.

#### 2.1.6.1 Propiedades en Estado Fresco

La calidad del concreto en el estado fresco influye directamente en sus propiedades en estado endurecido, para garantizar que el concreto Fast Track cumpla con las características necesarias para su aplicación se evaluarán sus propiedades en su estado fresco mediante diferentes ensayos según la norma ASTM.

Debido que el concreto Fast Track tiene un corto período en su estado fresco, es recomendable considerar el tiempo de cada ensayo antes que el concreto alcance su estado endurecido.

### **a) Trabajabilidad**

Según [Soroka, 1993], la trabajabilidad del concreto puede ser definida como “la propiedad que determina el esfuerzo necesario para manipular cierta cantidad de hormigón en estado fresco con una mínima pérdida de homogeneidad”. En esta definición el término “manipular” se refiere a todas las operaciones relacionadas con el manejo del hormigón fresco, tales como el transporte, la colocación, la compactación, el curado y en algunos casos el acabado. En otras palabras, la trabajabilidad es aquella propiedad que hace al hormigón fresco más manejable sin tener el riesgo de segregación.<sup>20</sup>

### **b) Consistencia**

La consistencia del concreto fresco está controlada por la cantidad de agua adicionada a la mezcla, la cual a su vez depende de muchos factores tales como las propiedades de los áridos (forma de partículas y distribución de tamaños, textura superficial y angularidad), la cantidad y

---

<sup>20</sup> Soroka, I. (1993), “Concrete in Hot Environments”, Ed. E & FN Spon, London.

finura del cemento utilizado y la presencia o no de aditivos.<sup>21</sup>

Otro término utilizado para caracterizar el estado plástico del concreto es la “consistencia” que aunque está relacionada con el concepto de manejabilidad, no es su sinónimo. En términos generales, la consistencia se refiere a su estado de fluidez, es decir, qué tan dura (seca) o blanda (fluida) es una mezcla de concreto cuando se encuentra en estado plástico, por lo cual se dice que es el grado de humedad de la mezcla.<sup>22</sup>

#### **c) Densidad**

La densidad se define como la cantidad de peso por unidad de volumen, esta propiedad del concreto contribuye para verificar la homogeneidad y rendimiento de la mezcla. Según la Norma ASTM-C138 se clasifica en tres tipos de concreto: normal, liviano y pesado.

#### **d) Contenido de aire**

Se refiere a la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, el control del mismo es importante ya que el incremento del aire produce una disminución en la resistencia por el número de vacíos en el mortero.<sup>23</sup>

<sup>21</sup> Ortiz, J. A. (2005), “Estudio Experimental sobre la Influencia de la Temperatura Ambiental en la Resistencia del Hormigón Preparado”- Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona

<sup>22</sup> Sanchez, D. (2000), “Tecnología del Concreto y del Mortero”, Pg 11. Bogotá

<sup>23</sup> Rivera, G.A.(2010), “Concreto Simple”, Capítulo 4

### e) Tiempo de Fraguado

El fraguado del concreto se define como la aparición de endurecimiento del concreto fresco, el cual indica la ganancia de resistencia del concreto. Es decir, se refiere a un estado de transición entre la fluidez y la rigidez.<sup>24</sup>

### f) Retracción plástica

La temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento afectan a las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Una temperatura elevada y una baja humedad relativa (o la combinación de ambas) acelera la retracción plástica del concreto y si esta retracción está impedida se produce fisuración.<sup>25</sup>

#### 2.1.6.2 Propiedades en Estado Endurecido

La calidad del concreto en el estado endurecido se mide por medio de diferentes ensayos según la norma ASTM para garantizar la calidad del concreto Fast Track y así pueda cumplir con los requerimientos necesarios para su aplicación.

### a) Resistencia

La resistencia se define como la capacidad del concreto de soportar esfuerzos de compresión y tracción. Según la Ley de Abrams la relación A/C es el factor que determina la resistencia, sin embargo la Ley de Gilkey

<sup>24</sup> Neville, A.M. (1999), "Properties of Concrete (fourth edition)", Pearson Education Limited, London.

<sup>25</sup> Almusallam, A. (2001), "Effect of Environmental Conditions on the Properties of Fresh and Hardened Concrete", Cement and Concrete Composites Vol. 23, No. 4, pp. 353- 361.

considera además el peso específico, granulometría, textura y la resistencia al desgaste de los agregados como factores influyentes en la resistencia del concreto.<sup>26</sup> El concreto Fast Track se caracteriza por alcanzar una alta resistencia a la compresión y tracción a temprana edad.

### **b) Elasticidad**

La elasticidad se puede definir como la capacidad del concreto a deformarse reversiblemente cuando está sometido a una carga externa.

El concreto tiene un módulo de elasticidad, el cual es la relación entre el esfuerzo al que está sometido el material y su deformación unitaria.

Cuando la relación es lineal, constante y los esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de proporcionalidad, el material tiene un comportamiento elástico que cumple con la Ley de Hooke.<sup>27</sup>

### **c) Durabilidad**

La durabilidad es la capacidad del concreto para resistir los agentes de efectos nocivos que se presenten en las condiciones ambientales al que éste se encuentra expuesto.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> Calderón, W. (2002) Tema A: "Influencia del curado en la resistencia final del concreto para mezclas de  $f'c$  210 kgf/cm<sup>3</sup>" Tema B: "Estudio Técnico del concreto Fast Track en reparación y habilitación de pavimentos", Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

<sup>27</sup> Osorio, J.D. (2011), "¿QUÉ ES EL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL CONCRETO?", Colombia

<sup>28</sup> Soroka, I. (1993), "Concrete in Hot Environments", Ed. E & FN Spon, London.

#### d) Permeabilidad

La permeabilidad del concreto es la capacidad de permitir fluir agua, sin que afecte su estructura interna, está limitada por la relación agua/cemento, es directamente proporcional debido que a mayor relación agua/cemento la permeabilidad será mayor, teniendo efectos negativos sobre la durabilidad.<sup>29</sup>

#### 2.1.7. MATERIALES DEL CONCRETO FAST TRACK

##### 2.1.7.1 Agua

El agua es un componente líquido con el cual el cemento reacciona químicamente, atribuyéndole trabajabilidad, fluidez y consistencia al concreto en el estado fresco.

Según Diego Sánchez Guzmán, el agua ocupa entre el 14% y el 18% del volumen total de la mezcla de concreto, de la cual cierta cantidad se necesita para hidratar el cemento, el resto sólo sirve para proporcionar trabajabilidad, adherencia, consistencia y fluidez a la mezcla.<sup>30</sup>

##### 2.1.7.2 Agua de mezclado

Es el agua por volumen unitario de concreto que sirve para hidratar el cemento y adherir los agregados a la mezcla proporcionando manejabilidad.

---

<sup>29</sup> Ortiz, J. A. (2005), "Estudio Experimental sobre la Influencia de la Temperatura Ambiental en la Resistencia del Hormigón Preparado"- Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.

<sup>30</sup> Sánchez, D. (2000), Tecnología del Concreto y del Mortero, Bogotá

### 2.1.7.3 Agua de curado

Es el agua que se encuentra en las cámaras de curado, la cual se mantiene a una temperatura constante. El agua para el curado de las probetas debe ser potable y limpia, se le incorpora 2 gr de cal hidratada por litro de agua.

### 2.1.7.4 Cemento

El cemento portland es un material pulverizado de color gris-verde que puede definirse como un cemento hidráulico porque fragua y endurece al reaccionar con el agua, producido por la pulverización de escoria que consiste esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos, que en forma usual contienen una o más formas de sulfato de calcio que se añade y muele con ella.<sup>31</sup>

El cemento no es un compuesto químico simple, sino que es una mezcla de muchos compuestos: que son el silicato tricálcico, el silicato dicálcico, el aluminato tricálcico y el alúmino ferrito tetracálcico.<sup>32</sup>

### 2.1.7.5 Agregados

Los agregados son materiales inertes naturales o artificiales de forma granular, tales como la arena, piedra u hormigón, etc. que al mezclarse con el cemento y el agua forman un material compacto conocido como concreto que

---

<sup>31</sup> Díaz, F. (2005), "Análisis Experimental de la Contracción por secado en mezclas de Concreto Hidráulico", Universidad de las Américas Puebla, México.

<sup>32</sup> Ib p.28

llega a constituir entre un 60-80% del volumen de la mezcla.<sup>33</sup>

Los agregados actúan como material de relleno, haciendo la mezcla más económica y dándole además resistencia. Los agregados tienen gran influencia en el diseño de mezclas, pues sus características físicas y químicas dependen de los resultados que se deseen lograr.<sup>34</sup>

#### 2.1.7.6 Aditivos

Los aditivos son materiales que se agregan a la mezcla con el fin de modificar o mejorar las propiedades del concreto y que se añade dependiendo del tipo de aditivo antes o durante el mezclado.<sup>23</sup>

*Tabla 4 Características de los aditivos*

<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Características</b>
Retardantes (ASTM C94, Tipo B)	Retardan el tiempo de fraguado
Superplastificantes (ASTM C107, Tipo 1)	Concreto en mayor fluidez, disminuyen la relación agua - cemento
Superplastificantes y retardantes (ASTM C107, Tipo 2)	Concreto con mayor fluidez y retardo de fraguado, disminuyen la cantidad de agua
Reductores de agua (ASTM C494, Tipo A)	Reducen la demanda de agua al menos 5 %
Reductores de agua y acelerantes (ASTM C84, Tipo E)	Reducen el agua y aceleran el fraguado.
Reductores de agua y retardantes (ASTM C494, Tipo D)	Reducen el agua y retardan el fraguado.

<sup>33</sup> Beltran, D.C. y Muñoz, D.F. (2006), "Formulación y caracterización de los módulos de deformación del concreto para el uso del pavimento rígido", Universidad Industrial de Santander, Chile.

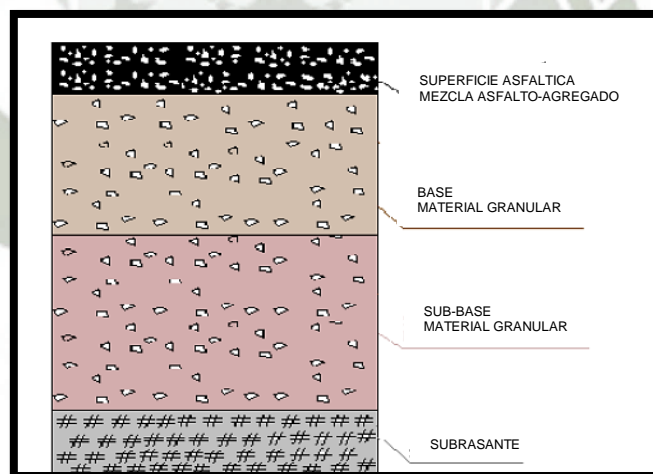
<sup>34</sup> Servicio Nacional de Capacitación Para la Industria de la Construcción (2002), "Tecnología del Concreto-1", Lima

Reductores de agua de alto rango y retardantes (ASTM C494, Tipo F)	Reducen la demanda del agua (mínimo el 12%).
Reductores de agua de alto rango y retardantes (ASTM C494, Tipo G)	Reducen la demanda del agua (mínimo el 12%) y retardan la fragua.

## 2. 2. DETERIORO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

### 2.2.1. PAVIMENTO ASFÁLTICO

El pavimento asfáltico o flexible es una estructura compuesta por capas granulares (sub-base y base) y una capa de rodadura constituida de materiales bituminosos como aglomerantes y agregados, esta se considera como capa asfáltica.<sup>35</sup>



*Ilustración 1 Esquema pavimento asfáltico. Adaptado de "Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping", p. 12, por Orell E. 2009, Valdivia-Chile*

<sup>35</sup> Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC)(2014), Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimento, 3ra Edición.

## 2.2.2. FALLAS DE LOS PAVIMENTOS

Las fallas de los pavimentos asfálticos se clasifican en dos grandes categorías: Fallas estructurales y fallas superficiales, siendo considerada la rehabilitación de la primera con obras de mayor costo. En el segundo caso se refiere a obras de mantenimiento periódico.<sup>36</sup>

Según el Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” se propone los tipos de fallas en la siguiente tabla.

*Tabla 5 Deterioros o fallas de los pavimentos asfaltados*

Clasificación de los deterioros/ fallas	Código de deterioro/ falla	Deterioro/Falla	Gravedad
Fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Malla grande (&gt;0.5m) sin material suelto.</li> <li>2. Malla Mediana (0.3-0.5m) sin o con material suelto.</li> <li>3. Malla Pequeña (&lt;0.3m) sin o con material suelto.</li> </ol>
	2	Fisuras Longitudinales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fisuras finas en las huellas del tránsito.</li> <li>2. Fisuras medias, abiertas y/o ramificadas.</li> <li>3. Fisuras gruesas abiertas y/o ramificadas, llamadas también grietas.</li> </ol>

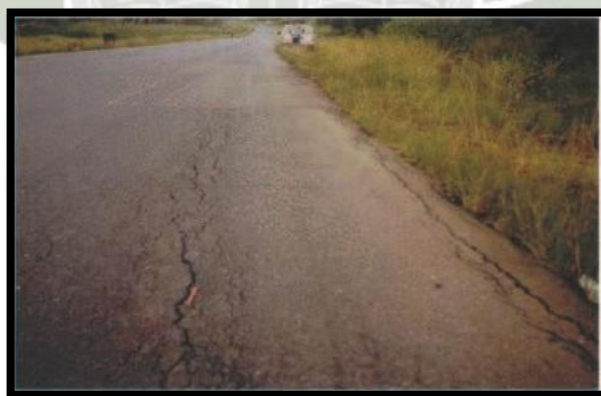
<sup>36</sup> Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC)(2014), Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones”

Fallas Estructurales	3	Deformación por deficiencia estructural	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Profundidad sensible al usuario &lt;2cm.</li> <li>2. Profundidad entre 2-4cm.</li> <li>3. Profundidad &lt;4 cm.</li> </ol>
	4	Ahuellamiento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Profundidad sensible al usuario pero <math>\leq 6\text{mm}</math>.</li> <li>2. Profundidad <math>&gt;6\text{mm}</math> y <math>\leq 12\text{mm}</math>.</li> <li>3. Profundidad <math>&gt;12\text{mm}</math>.</li> </ol>
	5	Reparaciones o Parchados	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reparación o parchado para deterioros superficiales.</li> <li>2. Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales en buen estado.</li> <li>3. Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales en mal estado.</li> </ol>
Fallas Superficiales	6	Peladura y desprendimiento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puntual sin aparición de la base granular.</li> <li>2. Continuo sin aparición de la base granular.</li> <li>3. Continuo con aparición de la base granular.</li> </ol>
	7	Baches (huecos)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diámetro &lt;0.2m.</li> <li>2. Diámetro entre 0.2 y 0.5m.</li> <li>3. Diámetro &gt;0.5m.</li> </ol>
	8	Fisuras transversales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fisuras finas en las huellas del tránsito.</li> <li>2. Fisuras medias, abiertas y/o ramificadas.</li> </ol>

			3. Fisuras gruesas abiertas y/o ramificadas, llamadas también grietas-
	9	Exudación	1. Puntual 2. Continua 3. Continua con superficie viscosa



*Ilustración 2 Falla estructural: Piel de cocodrilo, tomada del Manual de Carreteras "Mantenimiento o Conservación Vial", 2014*



*Ilustración 3 Falla estructural: Fisura Longitudinal, tomada del Manual de Carreteras "Mantenimiento o Conservación Vial", 2014*



*Ilustración 4* Falla estructural: Deformaciones, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014



*Ilustración 5* Falla estructural: Ahuellamiento, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014



*Ilustración 6* Falla Superficial: Peladura y desprendimiento, tomada del Manual de Carreteras “Mantenimiento o Conservación Vial”, 2014



*Ilustración 7 Falla Superficial: Baches, tomada del Manual de Carreteras "Mantenimiento o Conservación Vial", 2014*



*Ilustración 8 Falla Superficial: Fisuras Transversales, tomada del Manual de Carreteras "Mantenimiento o Conservación Vial", 2014*

### 2. 3. SISTEMA WHITETOPPING

Las vías en la ciudad de Arequipa son en su mayoría pavimentos asfálticos, por lo que al no haber un adecuado mantenimiento, se presentan diversas fallas estructurales y superficiales mostradas en el punto anterior. Para poder brindar un mejor servicio a los usuarios, es necesario enfocarse en la reparación y rehabilitación de los pavimentos asfálticos dañados. Por lo tanto,

es necesario aplicar nuevas tecnologías que permitan disminuir constantes mantenimientos y a su vez mayores gastos.<sup>37</sup>

Una de las alternativas para la reparación y rehabilitación de pavimentos es el llamado sistema Whitetopping, que consiste en la construcción de un pavimento de concreto convencional tomando como estructura de soporte del pavimento asfáltico.<sup>38</sup>

### 2.3.1 DEFINICIÓN

Es una losa de pavimento de concreto construido sobre un capa de pavimento asfáltico, de esta manera se logra corregir los deterioros y/o fallos estructurales y superficiales que presenta el pavimento asfáltico. Este sistema es un método de reparación y rehabilitación que extiende el tiempo de servicio del pavimento deteriorado.<sup>39</sup>



*Ilustración 9 Esquema de la estructura de los pavimentos delgados de concreto sobre asfalto, tomado de "Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping", p.12, por Orell E. 2009, Valdivia-Chile*

37 Orell E. (2009), Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

38 Pavimentos de concreto CEMEX (2010), "Manual de Pavimentos", México

39 lb p.35

Los pavimentos Whitetopping se pueden clasificar de acuerdo a su espesor.

- Whitetopping convencional,  $e > 20$  cm
- Thin Whitetopping,  $10 \text{ cm} < e < 20$  cm
- Ultra Thin Whitetopping  $< 10$  cm

Una de las tecnologías que se ha aplicado en los últimos años en diversos países son los recubrimientos Ultradelgados (Ultra Thin Whitetopping) y con mayor uso en caso de habilitación a una edad temprana (Concreto Fast Track)<sup>40</sup>.

Para poder aplicar un recubrimiento de concreto se requiere que:

- El pavimento asfáltico que será tomado como base estructural deberá tener un espesor no menor de 7.5 cm.
- Se realice un fresado en la zona a reparar o rehabilitar para lograr la adherencia del pavimento de concreto con el asfalto.
- El espesor del concreto sea de 5 a 10 cm.
- En el caso de haber juntas se usará un corte con sierra delgada (2mm)

---

<sup>40</sup> Orell E. (2009), Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

### 2.3.2 VENTAJAS

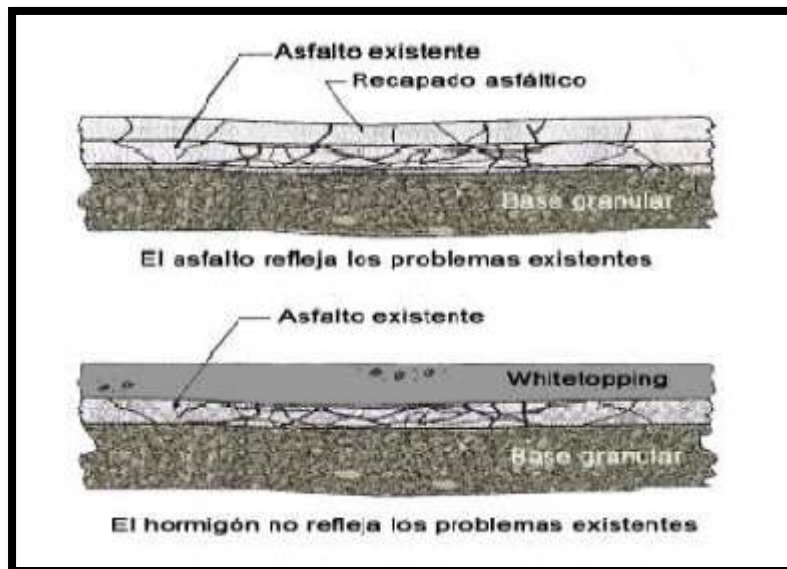
- Este método permite aumentar el tiempo de servicio del pavimento asfáltico.
- Permitirá reducir el tiempo y los costos de mantenimiento debido a la superficie duradera del concreto.
- Según estudios de seguridad, las distancias de frenado de las superficies de concreto son menores a las de asfalto.
- Las cargas pesadas no ahue llan ni deslazan el hormigón y presenta una resistencia al resbalamiento<sup>41</sup>
- El concreto puede rellenar las fallas del pavimento asfáltico y así corregir el perfil de la superficie.<sup>42</sup>
- Un recubrimiento de concreto proporciona un incremento de luminosidad de la vía, lo cual permite reducir gastos de iluminación nocturna.<sup>43</sup>
- Los pavimentos de concreto no reflejan problemas existentes de la superficie asfáltica como lo muestra la siguiente imagen:

---

<sup>41</sup> Notas Técnicas Instituto Colombiano de productores de cemento (1999), Aplicaciones de capas de concreto sobre pavimento de asfalto (Whitetopping), Colombia

<sup>42</sup> Dirección de Vialidad II Región Antofagasta (2005), Estratigrafía de Cargas por Eje a partir de Mediciones con Sistema Remoto de Pesaje Dinámico, Chile

<sup>43</sup> Orell E. (2009), Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping, Universidad Austral de Chile, Valdivia.



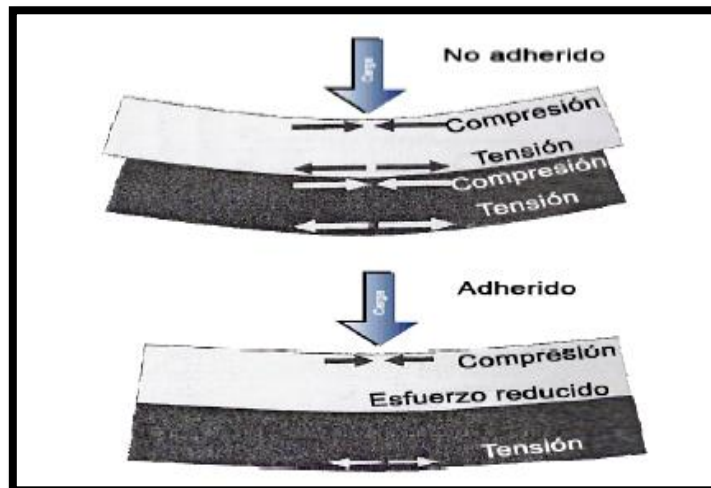
*Ilustración 10 Pavimento con sistema Whitetopping, tomado de, Aplicaciones de capas de concreto sobre pavimento de asfalto (Whitetopping), Notas Técnicas Instituto Colombiano de productores de cemento (1999).*

### 2.3.3 ADHERENCIA

La adherencia entre el pavimento asfáltico y el recubrimiento de concreto permite que la estructura actúe monólicamente y puedan compartir las cargas que se ejercen sobre ésta.

Debido a la adherencia, el eje neutro del concreto se ubica desde la mitad hasta el fondo del recubrimiento de la misma, provocando la disminución de los esfuerzos y haciéndolo permisible para el concreto.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Informe Prueba de Construcción Sistema de Rehabilitación de PAVIMENTOS Ultra Thin Whitetopping, (2003) Experiencia en Chile.



*Ilustración 11 Reducción de esfuerzos debido a la adherencia entre las capas de concreto y asfalto, tomado de “Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón”, p. 22, de Ruiz J. (2006), Universidad de Chile, Santiago de Chile*

#### 2. 4. PROCESO CONSTRUCTIVO

El sistema Whitetopping se aplicará en pavimentos asfálticos con daños severos o de gran relevancia como ahuellamiento, baches, desplazamientos, etc. Según la Tabla 6 El recubrimiento de concreto necesitará contar con un espesor mínimo de pavimento asfáltico para que éste pueda servir de buena base estructural al concreto.<sup>45</sup>

*Tabla 6 Guía para reparar fallas existentes en pavimentos de asfalto antes de aplicar una sobrecapa de concreto*

Condición General del pavimento	Trabajo de reparación
Ahuellamiento (menos de 5cm)	Ninguno
Ahuellamiento (más de 5cm)	Fresado o Nivelación
Desplazamiento	Fresado
Huecos	Relleno con roca triturada, mezcla fría o mezcla caliente
Falta de sub-rasante	Retirar y reemplazar

<sup>45</sup> Ruiz J. (2006), Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón, Universidad de Chile, Santiago de Chile

Piel de cocodrilo	Ninguno
Falla de bloque	Ninguno
Grietas transversales	Ninguno
Grietas Longitudinales	Ninguno
Desprendimiento de áridos	Ninguno
Afloramiento	Ninguno

*Tomada de Aplicaciones de capas de concreto sobre pavimento de asfalto (Whitetopping), Notas Técnicas Instituto Colombiano de productores de cemento (1999).*

Una vez hechas todas las reparaciones del pavimento asfáltico, se puede elegir entre tres opciones para tratar la superficie dañada antes de colocar el recubrimiento de concreto.

- Barrer el área reparada y colocar directamente el recubrimiento.
- Fresar el área reparada para nivelar la superficie.
- Colocar una capa niveladora.

De acuerdo a una investigación realizada por Ruiz J. (2006) en “Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón”, p. 24, una reparación de pavimento con el sistema Whitetopping se ejecuta con el siguiente procedimiento.

#### 2.4.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- Colocación directa

En este caso no es necesario un fresado o un tratamiento a la superficie dañada. La colocación directa del concreto se recomienda en caso el

ahuellamiento no sea mayor a los 5 cm. Este método minimiza los costos de reparación ya que no se necesita de algún trabajo previo.

- Fresado de Asfalto existente

De existir irregularidades en el pavimento asfáltico se puede rehabilitar el mismo fresando la superficie existente. Para que el pavimento este nivelado se deberá remover de 2.5 - 7.5 cm de la superficie dañada. Este método requiere de menos tiempo, sin embargo se elevan los costos debido a la máquina fresadora y la limpieza del material removido.



*Ilustración 12 Superficie fresada con textura rugosa para obtener una buena adherencia, tomada de "Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón", p. 22, de Ruiz J. (2006), Universidad de Chile, Santiago de Chile*

- Capa niveladora

En este caso se necesitará un espesor de 2.5-5 cm de asfalto poder reparar y cubrir las deformaciones del pavimento existente. Debido a que generalmente se usa una mezcla bituminosa caliente, su costo es elevado y no es recomendable para deformaciones menores a 5 cm.

#### 2.4.2 LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE

Una vez reparada la superficie del pavimento existente, se debe de realizar una limpieza profunda para la eliminación de partículas y polvo. Se recomienda humedecer el asfalto para enfriarlo y así evitar el fraguado acelerado del concreto.

#### 2.4.3 RECUBRIMIENTO DE LA SUPERFICIE CON CONCRETO

Se puede realizar usando una pavimentadora o un camión mixer con descarga directa en el sitio de colocación. Una vez fraguado el concreto se podrá mejorar el acabado usando una aspillera o un escobillón en caso de surcos más profundos.



*Ilustración 13 Aplicación de aspillera para obtener una textura rugosa, tomada de “Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón”, p. 30, de Ruiz J. (2006), Universidad de Chile, Santiago de Chile*

#### 2.4.4 CORTE DE JUNTAS

El corte de juntas se realizará cuando el concreto haya fraguado lo suficiente para resistir el peso de las máquinas de corte.

#### 2.4.5 CURADO DEL CONCRETO

Para el curado de concreto se podrá usar mantas de fibra de vidrio o polietileno, lo cual ayudaría a acelerar la resistencia y por lo tanto disminuir el tiempo para su puesta en servicio.

En el caso de nuestra investigación, se usó una manta de fibra de vidrio con un espesor de 50 mm. Esta manta logro mantener a una temperatura de 23°C al concreto, logrando de esta manera aumentar su resistencia.

#### 2.4.6 APERTURA AL TRANSITO

De acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” (EG-2000) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el pavimento se dará al servicio cuando el concreto haya alcanzado una resistencia del ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho (28) días. A falta de esta información, el pavimento se podrá abrir al tránsito sólo después de transcurridos diez (10) días desde la colocación del concreto a juicio de la Supervisión, o cuando Módulo de Rotura sea no menos de 3,79 MPa (38,6 Kg/cm<sup>2</sup>).

En caso de nuestra Investigación, el Concreto Fast Track que obtuvimos tuvo un Módulo de Rotura mayor a 4 MPa a 24, 12 y 8 horas.

## CAPITULO III. INVESTIGACION

### 3. 1. DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO FAST TRACK

Según investigaciones anteriores realizadas en la Universidad de Maryland, se ha podido determinar que cuando los agregados fino y grueso tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, el **Método de diseño de Módulo de Fineza**, mediante la combinación de agregados, da la factibilidad de producir un concreto trabajable.

Los agregados que se utilizaron en la presente investigación cumplen con las granulometrías comprendidas dentro de los límites establecidos, debido a lo cual se ha escogido el método de diseño anteriormente mencionado.

Tabla 7 Código de los diseños de Mezcla

Código de diseño	Características		
	Tipo de Cemento	Edad	a/c
HE-24-0.40	HE	24 horas	0.40
HE-24-0.38	HE	24 horas	0.38
HE-24-0.35	HE	24 horas	0.35
HE-12-0.26	HE	12 horas	0.26
HE-08-0.25	HE	08 horas	0.25
IP-24-0.30	IP	24 horas	0.30
IP-U-24-0.40	IP-U	24 horas	0.40
I-24-0.33	Tipo I	24 horas	0.33
I-12-0.25	Tipo I	12 horas	0.25
I-08-0.24	Tipo I	08 horas	0.24

#### 1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Para la apertura del tráfico según la EG 2013 del Manual de Carreteras el valor mínimo del Módulo de Rotura (MR) es de 38,6 kg/cm<sup>2</sup>, el cual se acerca al 10% de la resistencia a compresión por lo tanto esta debe ser no menor a 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Tomando en cuenta que el concreto obtenido en planta alcanza una resistencia con el 15% por debajo de la resistencia del laboratorio, se consideró conveniente obtener una resistencia a compresión de:

$$F_c = 320 \text{ kg/cm}^2$$

## 2. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones el TMN del agregado grueso debe ser un tercio del peralte de la losa, para reparación y rehabilitación de pavimentos el retiro de carpeta es de aproximadamente de 7 cm, por lo cual se escogió el Tamaño Máximo Nominal de 3/4" de perfil angular porque presenta mejor adherencia con los componentes que conforman la mezcla de concreto.

## 3. ASENTAMIENTO

La consistencia de la mezcla húmeda se diseñó con un asentamiento más de 7" debido a que se consideró como mínimo una hora y media de traslado del concreto de planta al lugar de colocación, dando tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.

## 4. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

A partir del TMN de 3/4" y el asentamiento de 6" a 7" se introducen en la Tabla 8, para obtener la cantidad de agua en litros/m<sup>3</sup>, el cual nos da el valor de 216 l/m<sup>3</sup>, sin embargo al realizar los primeros diseños se observó que dicha cantidad resulto excesiva porque el concreto presento segregación y exudación de aditivos.

Por esta razón, se optó por disminuir la cantidad de agua por m<sup>3</sup> en un rango a 163 a 176 m<sup>3</sup>, reduciéndose en agua en un 20% con la incorporación de altas dosis de los aditivos.

Tabla 8 Cantidades de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño nominal máximo del agregado

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	267	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Contenido de Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
Contenido total de Aire (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Tomado de Enrique Rivva Lopez (1992), "Diseño de Mezclas", Miraflores

## 5. CONTENIDO DE AIRE

A partir del TMN de 3/4" la tabla 8 indica 2% de aire atrapado, se respetó los parámetros según la tabla.

## 6. RELACIÓN AGUA – CEMENTO

Según los parámetros del concreto Fast Track, para obtener una alta resistencia a temprana edad las relaciones agua – cemento deben ser bajas, en la presente investigación se han realizado diferentes diseños los cuales se encuentran en los **Anexos 02, 03 y 04**, concluyéndose que la relación agua-cemento no es mayor a 0.40 para el diseño de 24 horas, para el diseño de 8 y 12 horas se consideró una relación agua-cemento mínimo de 0.24 y el máximo de 0.26.

## 7. FACTOR CEMENTO

La cantidad de cemento por m<sup>3</sup> se obtuvo dividiendo el contenido de agua sobre la relación a/c, posteriormente dividiendo el cociente entre 42,5 que es el peso en kg por bolsa de cemento.

## 8. CALCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

El volumen de pasta absoluta se obtuvo de sumar el cociente del contenido de cemento (kg/m<sup>3</sup>) y el peso específico del mismo, junto con el contenido de agua y aire en m<sup>3</sup>.

## 9. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

El volumen absoluto del agregado se obtiene de la resta de la unidad y el volumen absoluto de la pasta, el valor se expresa en m<sup>3</sup>.

## 10. CALCULO DEL MÓDULO DE FINEZA

A partir del TMN de 3/4" y factor cemento en bl/m<sup>3</sup> se obtiene el módulo de finura interpolando los valores de la tabla 6.

*Tabla 9 Módulo de finura de la combinación de agregados*

TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO ( MÁXIMO )	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS, EL CUAL DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACO / M3 INDICADOS.			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	5.54	4.61	4.89
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.38

*Tomado de Enrique Rivva Lopez (1992), "Diseño de Mezclas", Miraflores*

En la presente investigación se utilizó el máximo módulo de finura de 5.73 y el mínimo de 5.30.

Tabla 10 Módulo de finura de los diseños

Código de Diseño	Módulo de finura
HE-24-0.40	5.30
HE-24-0.38	5.33
HE-24-0.35	5.37
HE-12-0.26	5.65
HE-08-0.25	5.69
IP-24-0.30	5.50
IP-U-24-0.40	5.22
I-24-0.33	5.41
I-12-0.25	5.69
I-08-0.24	5.73

11. CALCULO DEL VALOR DE RF (MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS)

La fórmula que se utilizó para la primera prueba fue:

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

Donde:

- $m_f$  = módulo de fineza del agregado fino.
- $m_g$  = módulo de fineza del agregado grueso.
- $m$  = coeficiente obtenido de la tabla del módulo de fineza de la combinación de agregados.

Al reemplazar nuestros valores en la fórmula nos dio un módulo de 26%, lo cual se comprobó en el laboratorio.

A base de experimentar el valor de  $r_f$  resulto muy bajo, no se observó una adecuada consistencia de la mezcla, debido que esta fue muy pedregosa.

Se optó por seguir los parámetros del concreto Fast Track donde el valor de  $r_f$  es máximo de 50% y mínimo de 42%.

*Tabla 11 Valores de  $r_f$  de los diseños de mezclas*

<b>Código de diseño</b>	<b>Valor de <math>r_f</math></b>
HE-24-0.40	48%
HE-24-0.38	50%
HE-24-0.35	50%
HE-12-0.26	44%
HE-08-0.25	45%
IP-24-0.30	43%
IP-U-24-0.40	50%
I-24-0.33	50%
I-12-0.25	42%
I-08-0.24	42%

## 12. CALCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DEL AGREGADO

Para obtener el volumen absoluto del agregado fino en  $m^3$  se multiplica el valor de  $r_f$  por el volumen de los agregados, mientras que para hallar el volumen absoluto del agregado grueso se resta la unidad del valor de  $r_r$  y se multiplica por el volumen de los agregados.

## 13. PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

Para hallar el peso seco de los agregados se multiplica el volumen absoluto de cada agregado con su respectivo peso específico de masa, dicho valor se da en  $kg/m^3$ .

#### 14. VALORES DE DISEÑO

Se colocan los datos, la cantidad de cemento, agregado fino y grueso en kg/m<sup>3</sup>, mientras que la cantidad de agua el lt/m<sup>3</sup>.

#### 15. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

El contenido de agua es afectada por el contenido de humedad de los agregados, debido que si se encuentran secos absorberán agua y disminuirán la relación a/c , no favoreciendo a la trabajabilidad, mientras que si se encontraran húmedos contribuirían al aporte de agua disminuyendo la resistencia a compresión.

Por consiguiente los valores de diseño deben ser ajustados tomando en cuenta las siguientes fórmulas:

- Peso húmedo del agregado.(kg)

Se obtiene mediante la siguiente formula y se realiza para el agregado grueso y fino.

$$\text{Peso del Agregado humedo (kg)} = (w_s) * \left(1 + \frac{\% w}{100}\right)$$

Donde

- $W_s$  = peso seco del agregado
- %w = humedad del agregado

➤ Agua efectiva (lts)

Se obtiene mediante la siguiente fórmula y se realiza para el agregado grueso y fino.

$$\text{Agua en el agregado} = (w_s) * \left( \frac{\% w - \% a}{100} \right)$$

Donde

- $W_s$  = peso seco del agregado
- $\%w$  = humedad del agregado
- $\%a$  = absorción del agregado.

El agua efectiva se obtiene restando el agua de diseño menos la suma resultante del agua que tienen los dos agregados.

$$\text{Agua efectiva (lts)} = \text{Agua de diseño} - (A_g + A_f)$$

Donde

- $A_g$  = Agua del agregado grueso.
- $A_f$  = Agua del agregado fino.

## 16. PESOS DE LOS MATERIALES INTEGRANTES DE LA UNIDAD CUBICA DE CONCRETO, YA CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO.

Son los valores finales de diseño, en los cuales se considera contenido de cemento, el agua efectiva, el peso del agregado fino, el peso del agregado grueso y el porcentaje de los aditivos según la cantidad de cemento.

## 17. PROPORCIONES DE VOLÚMENES

En caso del agua, esta se calculará en Lts/bls.

$$\text{Agua} \left( \frac{\text{Lts}}{\text{Bls}} \right) \frac{\text{Cantidad de agua en m}^3}{\left( \frac{\text{Peso del cemento por m}^3}{\text{Peso del cemento por bolsa (42.5 kg)}} \right)}$$

Cemento: agregado fino: agregado grueso : agua (Lts/Bls)

$$\frac{\text{Vol. Cemento}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. A. fino}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol. A. grueso}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Lts de agua}}{\text{Bls. Cemento}}$$

### 3. 2. MATERIALES CONSTITUYENTES DE CONCRETO FAST TRACK

#### 3.2.1. AGUA

Debido a que para nuestra investigación se usaron relaciones a/c bajas, es importante tener en cuenta la cantidad necesaria y el tipo de agua a usar para la hidratación del cemento.

En la presente investigación se usó agua potable, la misma que es usada en la Planta de la empresa Concretos SUPERMIX.

#### 3.2.2. CEMENTO

En nuestra investigación se utilizó tres tipos de cementos los cuales son:

- CEMENTO YURA HE

También llamado cemento YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, está clasificado según la norma NTP 334.082 (ASTM C1157), es un cemento de última generación.

Según la Ficha Técnica adjuntada en el **Anexo 05** Este cemento tiene las siguientes propiedades:

- ✓ Alta resistencia inicial.
- ✓ Aumento de impermeabilidad.
- ✓ Resistencia a los sulfatos.
- ✓ Resistencia a los cloruros.
- ✓ Menor calor de hidratación.
- ✓ Disminuye la reacción nociva álcali-agregado.
- ✓ Mayor plasticidad y trabajabilidad en concretos.
- ✓ Menor consumo energético.
- ✓ Produce menor emisión de CO<sub>2</sub>.

En nuestra investigación, con este cemento se obtuvo tres diseños de mezclas a 24 horas, un diseño mezclas a 12 horas de cemento y un diseño de mezclas a 8 horas, las cuales llegaron a una resistencia aproximadamente de 320 kg/cm<sup>2</sup>.

#### ▪ CEMENTO YURA IP

Es un cemento portland que tiene como componentes además del clinker, una cantidad de puzolana de aproximadamente 30%, el cual es capaz de reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio formando compuestos con propiedades cementicias, estas y otras características se encuentran en el informe de control de calidad adjunto en el **Anexo 06**.

Este tipo de cemento es el de mayor uso en la ciudad de Arequipa, aplicado a construcciones donde no se requieren características especiales del concreto.

Con el presente cemento solo se pudo obtener un diseño de mezclas a 24

horas, con una cantidad de cemento de 550 kg/cm<sup>3</sup> y relación agua cemento de 0.30.

Se ha experimentado aumentar la cantidad de cemento para obtener la resistencia a la compresión de 320 kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 8 y 12 horas, sin embargo no se pudo obtener resultados favorables.

- CEMENTO YURA TIPO I

Este cemento cumple con la norma NTP 334.009 (ASTM C-50), es un cemento con bajo contenido de álcalis y alta resistencia a los sulfatos.

Mayormente es usado en estructuras, canales, alcantarillado, tuberías y postes de concreto con contacto con sulfatos y para estructuras en las que se requiera alta resistencia.

Es un cemento hidráulico que contiene clinker casi en su totalidad, lo cual permite un alto calor de hidratación del cemento y esto a su vez alta resistencia al concreto. Demás propiedades adjuntadas en el **Anexo 07**.

Con el cemento tipo I se obtuvo tres diseños de mezclas a 24, 12 y 8 horas, las cuales llegaron a una resistencia aproximadamente de 320 kg/cm<sup>2</sup>.

- CEMENTO ULTRAVAL

Es un cemento de tipo Portland de muy altas prestaciones mecánicas, especialmente a cortas edades, que permite la inmediata puesta en servicio de las obras. Este cemento está especialmente elaborado para concreto en ambientes fríos, concretos de altas resistencias en los que se requiere una alta calidad en la superficie de concreto visible. Tiene las siguientes características:

- ✓ Ultra Rápido
- ✓ Ultra Resistente.

Es un cemento extraordinariamente rápido que ofrece resistencias de 25-50 MPa en un tiempo de entre 4 y 8 horas frente a los 28 días de otros cementos convencionales.

- ✓ Ultra Independiente.

Es el único cemento en el mercado que no necesita aditivos acelerantes para poder trabajar en condiciones extremas de temperaturas y de ambientes agresivos como los marinos.

- ✓ Ultra Personalizado.

Es un cemento más flexible y versátil.

En nuestra investigación se combinó con el cemento IP, siendo el reemplazo del 40% para obtener un diseño de mezclas a 24 horas con una relación agua cemento de 0.40.

*Tabla 12 Cantidad de cemento en kg por m<sup>3</sup>*

<b>Código de diseño</b>	<b>Cantidad de cemento por m<sup>3</sup></b>
HE-24-0.40	440 kg
HE-24-0.38	460 kg
HE-24-0.35	480 kg
HE-12-0.26	630 kg
HE-08-0.25	650 kg
IP-24-0.30	550 kg
IP-U-24-0.40	240 kg
I-24-0.33	500 kg
I-12-0.25	650 kg
I-08-0.24	670 kg

### 3.2.3. AGREGADO GRUESO

Se usó piedra Huso 67 (TMN  $\frac{3}{4}$ "") de la cantera ubicada dentro de la planta de Concretos SUPERMIX. Dicho agregado fue ensayado para obtener su análisis granulométrico y sus propiedades físicas y mecánicas.

### 3.2.4. AGREGADO FINO

Se usó arena normada de la cantera Poderosa, que se encuentra en la planta de Concretos SUPERMIX, a dicho agregado se le realizó ensayos para obtener de igual forma su análisis granulométrico y sus propiedades físicas.



*Ilustración 14 Agregado Fino de la Cantera Poderosa Planta Concretos SUPERMIX*

### 3.2.5. ADITIVOS

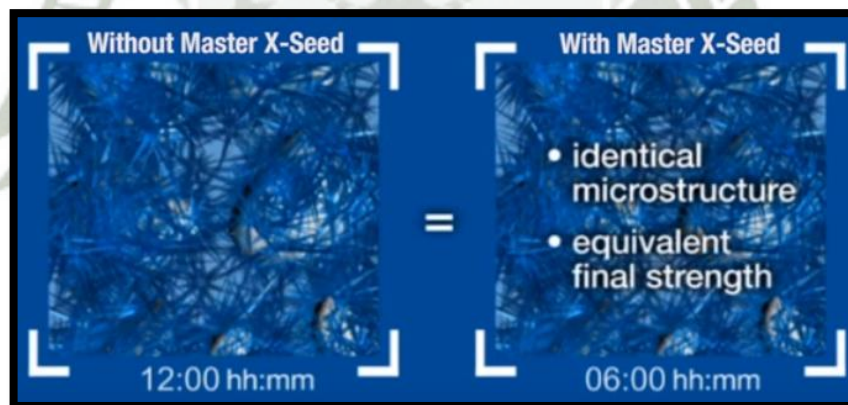
Para nuestra investigación se emplearon los siguientes aditivos usados en la producción de concretos de SUPERMIX:

▪ **Master X-Seed 100**

Según su ficha técnica, adjunta en el **Anexo 08**, es un aditivo que activa la hidratación del cemento para así poder potenciar el desarrollo de resistencias iniciales y finales del concreto y protegerlo contra la corrosión.

El Master X-Seed 100 se caracteriza por poseer de nanopartículas de CSH (Silicato Cálcico Hidratado) que actúan como un cristizador acelerando la formación de gel de CSH en la solución.

A diferencia de los aditivos tradicionales, la alta tecnología del Master X-Seed 100 permite que se desarrollen cristales entre las partículas del cemento, construyendo una microestructura cerrada y a su vez favoreciendo la durabilidad y la resistencia del concreto.



*Ilustración 15* Proceso de cristalización del aditivo Master X-Seed 100.  
Tomado de una reproducción multimedia de la empresa BASF.

En nuestra investigación, en la edad de 24 horas, su aplicación fue de 1.5% de la cantidad de cemento, rango que se encuentra según como recomienda en la ficha técnica y fue añadido antes de finalizar el proceso de mezclado.

En el caso de resistencias a 8 y 12 horas, su aplicación fue de 4% de la cantidad

de cemento, rango que se encuentra según como recomienda en la ficha técnica y fue añadido a la mezcla en dos partes: la primera a los 3 minutos del contacto agua cemento y la segunda parte antes de finalizar el proceso de mezclado.

▪ **MasterGlenium 3800**

Según su ficha técnica, adjunta en el **Anexo 09**, el aditivo MasterGlenium 3800 cumple con la norma ASTM C494 /C494 M para aditivos Tipo A, (reductores de agua), y tipo F (reductores de agua de alto rango).

MasterGlenium 3800, es un aditivo reductor de agua de alto, cuenta con una nueva tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

El aditivo MasterGlenium 3800 es muy efectivo en la producción de mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieran el uso de concreto autocompactante (SCC). El uso del aditivo MasterGlenium 3800 proporciona características de fraguado más rápidas y mejora la resistencia a la comprensión inicial. Se caracteriza por:

- ✓ Excelente desarrollo de resistencia inicial.
- ✓ Adecuado control de fraguado.
- ✓ Optimiza la relación de retención de asentamiento / fraguado.
- ✓ Mantiene el aire incorporado consistente.
- ✓ Flexibilidad en la dosificación.

En nuestra investigación, los diseños a edades de 8, 12 y 24 horas su aplicación estuvo dentro del rango recomendado en la ficha técnica, y fue añadido al inicio del proceso de mezclado junto con el agua de diseño.

▪ **ViscoCrete 1110**

Según su ficha técnica adjuntada en el **Anexo 10**, este aditivo es un superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Facilita la reducción de agua, por lo que genera una alta resistencia. Se usa mayormente en:

- ✓ Concretos autocompactantes.
- ✓ Baja relación agua/cemento (0.30 – 0.45).
- ✓ Concreto para climas cálidos.
- ✓ Concretos de alta resistencia.

El aditivo ViscoCrete 1110 posee las siguientes ventajas:

- ✓ Alta impermeabilidad.
- ✓ Extrema reducción de agua.
- ✓ Excelente fluidez al concreto.
- ✓ Disminuye la contracción plástica.
- ✓ Reduce la carbonatación del concreto.

En nuestra investigación se utilizó este aditivo en el diseño con cemento IP adicionado con el cemento Ultraval a una edad temprana de 24 horas, debido a que este aditivo presenta mejor trabajabilidad conjuntamente con el aditivo cementante Ultraval según investigaciones anteriores.

### 3.2.6. MÉTODO DE CURADO DEL CONCRETO

Para que el concreto pueda alcanzar la resistencia y las propiedades deseadas a un tiempo determinado, es de gran importancia tener en cuenta la manera con la cual se realizará el curado. Un factor importante en el curado es la temperatura, ya que ésta es directamente proporcional a la resistencia que alcance el concreto.<sup>46</sup>

El curado del concreto empieza después del vaciado por lo que se debe de cuidar que no experimente el secado, ya que éste podría eliminar el agua necesaria por lo que el concreto no alcanzaría las propiedades deseadas.<sup>47</sup>

En nuestra investigación, para poder obtener y mantener la temperatura y la humedad necesaria para una alta resistencia, se usó lana de fibra de vidrio, las cuales las cubrimos con plástico para formar mantas y así poder cubrir nuestras probetas dentro de una caja de madera como se muestra en las siguientes imágenes.



*Ilustración 16 Lana de Fibra de Vidrio*

<sup>46</sup> National Ready Mixed Concrete Association (NMRCA) (2000), CIP 11- Curado del concreto en el lugar, El Concreto en la Práctica, Silver Spring, MD.

<sup>47</sup> Ib p.43



*Ilustración 17 Medición para confección de las mantas*



*Ilustración 18 Mantas de fibra de vidrio cubiertas con plástico*



*Ilustración 19 Curado de concreto con mantas de Fibra de Vidrio*

### 3. 3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

#### 3.3.1. ENSAYOS AL AGREGADO FINO

##### 3.3.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C136, para obtener la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados, además de hallar el Módulo de Fineza del agregado fino necesario para el posterior diseño de mezclas.

Instrumentación:

- Balanza Mecánica
- Tamices N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200
- Horno.



*Ilustración 20 Tamizadora Mecánica*

Procedimiento:

- Primero se toma una muestra por cuarteo con más de 10 kg, se coloca en una bandeja y se lleva al horno.

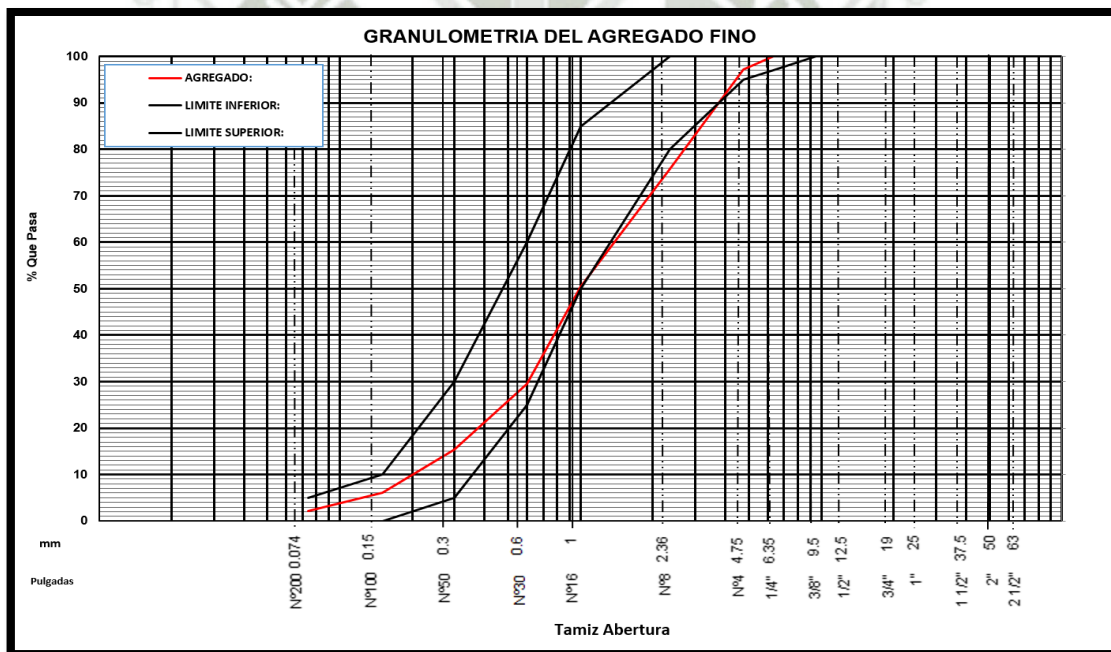
- Luego se pesa 10kg exacto y se coloca en la tamizadora mecánica para agregado Fino.
- Se procede a obtener el peso retenido en cada malla.

Cálculos:

- Para obtener el Modulo de Fineza del agregado Fino se suma el Porcentaje Retenido Acumulado de la Malla N°4 a la N°100 y se divide entre 100,

$$MF = \frac{0.54 + 16.49 + 39.96 + 62.19 + 78.67 + 90.68}{100}$$

$$MF = 2.89$$



Gráfica 1 Gráfica granulométrica del agregado fino

### 3.3.1.2. PESO ESPECIFICO

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C128

Instrumentación:

- Balanza Mecánica.
- Matraz aforado o picnómetro.
- Molde Cónico.
- Varilla para apisonado.
- Cocina eléctrica.



*Ilustración 21 Instrumentos para el ensayo de peso específico*

Procedimiento:

- Se toma una muestra aproximada de 1kg y se lleva al horno hasta que esté completamente seca y se deja enfriar.
- Luego se deja la muestra sumergida en agua durante  $24 \pm 4$  horas.
- Se procede a decantar el agua cuidadosamente y se coloca la muestra sobre una bandeja.
- Con la cocina eléctrica se va secando la muestra hasta que las partículas

puedan fluir libremente; esto se puede observar colocando la muestra en el cono, apisonarlo con 25 golpes y retirar el cono hasta el primer desmoronamiento superficial.



*Ilustración 22 Colocación de la muestra de agregado en el cono*

- Posteriormente se toma una muestra de 500 gr, se coloca en el picnómetro tarado y se le añade agua hasta el 90% de su capacidad. Para eliminar el aire se rueda el picnómetro y se agita. Se deja por 24 horas.



*Ilustración 23 Picnómetro con la muestra de agregado fino*

- Se procede a retirar el agua y el agregado fino del picnómetro. La muestra se lleva al horno a secar, se deja enfriar y se pesa.

*Tabla 13 Cuadro de Resultados Peso Específico Agregado Fino*

MUESTRA		ARENA
A	Peso Mat.Sat.Sup. Seca (En Aire) (gr.)	500.0
B	Peso Frasco + H <sub>2</sub> O (gr )	652.3
C	Peso Frasco + H <sub>2</sub> O (gr ) + A	1152.3
D	Peso del Material + H <sub>2</sub> O en el frasco ( gr )	1000.0
E	Volumen de Masa + Volumen De Vacío = C-D ( gr )	152.3
F	Peso de Material Seco en estufa ( 105°C ) (gr)	464.0
G	Volumen de Masa = E-(A-F) (gr )	116.3
Peso Seco Material Bulk (Base seca ) = F/E		3.047
Peso Seco Material Bulk (Base saturada ) = A/E		3.283
Peso Seco Material Bulk Aparente (Base seca ) = F/G		3.990

### 3.3.1.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C29.

Instrumentación:

- Balanza Mecánica.
- Varilla compactadora de acero.
- Recipientes metálicos de acuerdo al TMN del agregado.

Procedimiento:

- Para realizar este ensayo, la muestra a usar debe ser secada al aire libre o en el horno y dejarla enfriar.
- Se utilizó el método del apisonado, en el cual se colocó la muestra en suelta y se pesa. Este proceso se realiza tres veces para obtener el promedio y así el peso unitario suelto.
- Luego se vuelve a colocar la misma muestra en tres capas y se da 50 golpes con la varilla por cada golpe y se pesa. Este proceso se realiza tres veces para obtener el promedio y así el peso unitario compactado.

Tabla 14 Cuadro de Resultados P.U. Suelto y Compactado del Agregado Fino

PESO OLLA (kg)		VOLUMEN DE LA OLLA (kg)	
1.65		2.82	
PESO UNITARIO SUELTO			
P. MUESTRA (kg)	CON TARA (kg)	SIN TARA (kg)	
6.312	2238	1653	
6.346	2250	1665	
6.224	2207	1622	
Promedio Peso Unitario Suelto (kg)			1647
PESO UNITARIO COMPACTADO			
P. MUESTRA (kg)	CON TARA (kg)	SIN TARA (kg)	
6.536	2318	1733	
6.508	2308	1723	
6.542	2320	1735	
Promedio Peso Unitario Compactado (kg)			1730



Ilustración 24 . Enrasamiento del molde de Peso Unitario con Agregado Fino

#### 3.3.1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD

Este ensayo se realiza para cada diseño debido a que por la variación del clima el agregado sufre variaciones en su humedad.

Procedimiento:

- Se pesa 1 kg de agregado fino y se coloca en la cocina hasta que esté completamente seco y se pesa
- Para el cálculo se realiza la siguiente operación:

$$C. Humedad = \frac{P_i - P_f}{P_f} * 100$$

Donde:

P<sub>i</sub> = Peso inicial

P<sub>f</sub> = Peso final completamente seco

### 3.3.1.5. ABSORCIÓN

Este ensayo se realiza de acuerdo a la norma ASTM C128. Una vez obtenido los datos del ensayo de Peso Específico se realiza el siguiente cálculo para obtener

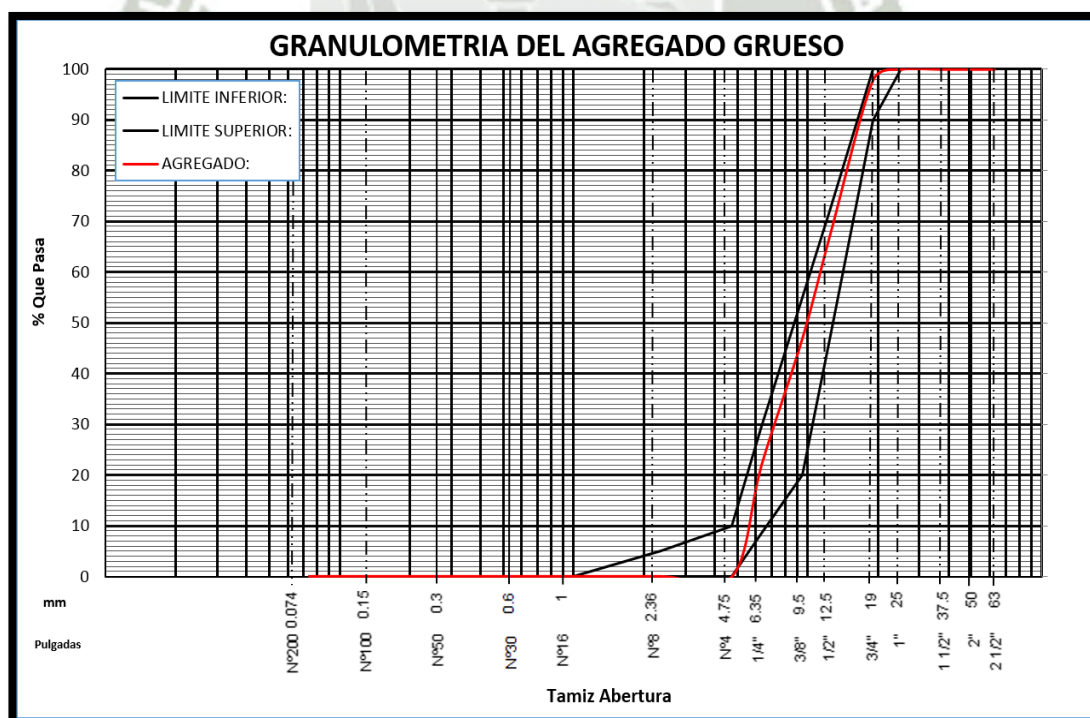
la absorción: 
$$Absorcion = \frac{P_{S.S.S} - P_{SECO}}{P_{SECO}} * 100 = \frac{500 - 492.4}{492.4} * 100$$

$$Absorcion = 1.54 \%$$

### 3.3.2. ENSAYOS AL AGREGADO GRUESO

#### 3.3.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C136 al igual que el agregado Fino, para obtener la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados, además de hallar el Tamaño Máximo Nominal (TMN) y el Módulo de Fineza del agregado grueso necesarios para el posterior diseño de mezclas, obteniéndose la siguiente gráfica:



Gráfica 2 Grafica Granulométrica del Agregado Grueso

Cálculos:

- Para obtener el Tamaño Máximo Nominal se busca en que malla queda retenido el 15% dentro de la fila de Porcentaje Retenido acumulado, teniendo como resultado.

$$TMN = 3/4''$$

- Para obtener el Modulo de Fineza del agregado Grueso se suma el Porcentaje Retenido Acumulado de la Malla  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{3}{8}$  y de la N°4 a la N°100 y se divide entre 100, obteniendo:

$$MF = \frac{0 + 2.14 + 52.94 + (100 * 6)}{100}$$

$$MF = 6.55$$

### 3.3.2.2. PESO ESPECIFICO

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C127.

Instrumentación:

- Balanza mecánica.
- Canastilla metálica.
- Dispositivo de suspensión.



*Ilustración 25 Dispositivo de Suspensión*

Procedimiento:

- Ya que el TMN del agregado grueso es 3/4", se toma una muestra seca de mínimo 3 kg.
- Se lava la muestra con agua hasta eliminar sustancias extrañas, se seca en el horno, se deja enfriar y se pesa.
- Luego se pesa exactamente 3 kg y se sumerge en agua durante  $24 \pm 4$  horas.
- Se retira la muestra del agua y se procede a secarlas superficialmente con un paño y se pesa.
- Se coloca la muestra en la canastilla y se obtiene su peso sumergido.
- Finalmente se seca la muestra en el horno, se deja enfriar y se pesa.

*Tabla 15 Cuadro de resultados Peso Específico Agregado Fino*

Peso muestra superficialmente seca(gr):	3028.0
Peso de la muestra sumergida (gr):	1918.4
Peso seco (gr):	3000.0
Volumen de la muestra (cm3)	1109.6
Peso Específico Seco	2.704
Peso Específico S.S.S.	2.729

### 3.3.2.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C29 de igual forma que el Agregado Fino



*Ilustración 26 Instrumentación para ensayo de P.U. suelto y compactado de Agregado Grueso*

*Tabla 16 Cuadro de Resultados P. U. Suelto y Compactado del Agregado Grueso*

<b>PESO OLLA (kg)</b>	<b>VOLUMEN DE LA OLLA (kg)</b>
5.61	14.15

<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>		
P. MUESTRA (kg)	CON TARA (kg)	SIN TARA (kg)
26.632	1882	1486
26.190	1851	1454
26.092	1844	1447
Promedio Peso Unitario Suelto (kg)		1463
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		
P. MUESTRA (kg)	CON TARA (kg)	SIN TARA (kg)
27.724	1959	1563
27.632	1953	1556
27.850	1968	1572
Promedio Peso Unitario Compactado (kg)		1564

#### 3.3.2.4. CONTENIDO DE HUMEDAD

Este ensayo se realiza igual que el Agregado Fino, sin embargo en este caso se toma una muestra representativa de 3 kg.

#### 3.3.2.5. ABSORCIÓN

Este ensayo se realiza de acuerdo a la norma ASTM C128. Una vez obtenido los datos del ensayo de Peso Específico se realiza el siguiente cálculo para obtener la absorción.

$$Absorcion = \frac{P_{S.S.S} - P_{SECO}}{P_{SECO}} * 100$$

$$\text{Absorción} = \frac{3028 - 3000}{3000} * 100$$

$$\text{Absorción} = 0.93 \%$$

### 3.3.2.6. RESISTENCIA AL DESGASTE POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C131.

Instrumentación:

- Balanza mecánica.
- Tamices.
- Máquina de los Ángeles.
- Carga abrasiva, que consiste en un número de esferas de acero de acuerdo a la granulometría.

Procedimiento:

- Nuestro agregado pertenece a una granulometría tipo B por lo que el ensayo debe realizarse con una muestra de 5 kg.
- Se toma la muestra de más de 5 kg, se tamiza por el tamiz 3/4" y el material retenido es lavado, es llevado al horno hasta que esté completamente seco y se deja enfriar.
- Se pesa los 5kg y se procede a colocarlo en la Máquina de los Ángeles junto con las 11 esferas de acero.
- El número de vueltas que deberá dar la Máquina de los Ángeles será de 500 o 30-33 rpm

- Una vez finalizado este proceso se retira las esferas y el material
- Se pasa la muestra por el Tamiz N° 12 y lo retenido se lava, se lleva al horno hasta que este seco completamente, se deja enfriar y se pesa.



Ilustración 27 Máquina de los Ángeles

#### Cálculos y Resultados

- Para hallar el Porcentaje de desgaste del agregado grueso se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{5000 - 4998}{5000} * 100$$

$$\% \text{ Desgaste} = 18\%$$

### 3. 4. PROPIEDADES DEL CONCRETO

#### 3.4.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

##### 3.4.1.1. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

En este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C143, el cual tiene como objetivo medir la consistencia del concreto. El asentamiento está muy relacionada al contenido de agua de la mezcla y a partir de ella podemos ver la trabajabilidad del concreto.

#### **Antecedentes del Ensayo**

En nuestra investigación se realizó el ensayo de asentamiento a todas nuestras muestras, las cuales se encuentran en los ANEXOS 02, 03 y 04.

Se obtuvo las siguientes conclusiones:

- La dosis de superplastificante varía entre 1% y 1.1% del contenido de cemento, el cual dió un Slump inicial de 9”.
- El mantenimiento de Slump se realizó cada 30 minutos durante 1 hora y media, es decir que entre período de tiempo la mezcla dejaba de ser trabajable.

#### **Instrumentación**

- Cono de Abrams, el cual tiene un diámetro inferior 20 cm y un diámetro superior 10 cm, una altura  $30 \pm 3$  cm, con un espesor mínimo 0,15 cm.
- Barra compactadora de acero liso con punta semiesférica de diámetro de  $5/8" \times 24"$
- Wincha, es una regla de metal rígido de una longitud  $\geq 12$  “, divisiones de  $1/4$ ”.

## Procedimiento

- Primero se humedece el cono de Abrams y la plancha de acero, se rellena un tercio del cono y se varilla 25 veces consecutivas.
- Luego se coloca la segunda capa, que es los dos tercios del cono de Abrams, se varilla 25 veces atravesando una pulgada de la capa inferior.
- Se procede a rellenar por completo el cono de Abrams, se varilla 25 veces y se enraza, se limpia los restos de concreto excedente y se retira verticalmente el cono en  $5 \pm 2$  segundos.
- Para este ensayo se utiliza el cono de Abrams y el tiempo de evaluación no debe ser mayor a 2.5 minutos de realizado el muestreo la mezcla.



*Ilustración 28 Medida del asentamiento del concreto*

## Cálculos de Resultados

- La medida del asentamiento se determina a partir de la diferencia entre la altura del molde cónico invertido y la altura de la mezcla, la medida es en pulgadas.

### 3.4.1.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

En este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C138 , el cual tiene como objetivo medir la densidad del concreto, el cual es el peso por un metro cúbico de concreto que normalmente varía entre 2240kg/m<sup>3</sup> y 2460 kg/m<sup>3</sup>.

#### **Instrumentación**

- Recipiente metálico de acuerdo a TM.
- Plancha enrasadora de espesor  $\geq \frac{1}{4}$ ", largo y ancho  $\emptyset$  recipiente + 2".
- Barra compactadora de acero liso con punta semiesférica de diámetro de 5/8" x 24"
- Mazo de goma.
- Balanza eléctrica con exactitud 45 g o dentro de 3% de peso de prueba.

#### **Procedimiento**

- Se pesa el recipiente en la balanza eléctrica, se mide el diámetro y alto del recipiente para hallar el volumen del mismo.
- Primero se humedece el recipiente, se rellena un tercio del cono, se varilla 25 veces consecutiva y de 12 a 15 combeadas.
- Luego se coloca la segunda capa, que es los dos tercios del recipiente, se varilla 25 veces atravesando una pulgada de la capa inferior y de 12 a 15 combeadas.
- Se procede a rellenar por completo el recipiente, se varilla 25 veces y de 12 a 15 combeadas; Se enraza, se limpia los restos de concreto excedente al borde del recipiente.
- Se pesa el recipiente con el contenido de concreto.

## Cálculos de Resultados

- A través de este ensayo se pueden obtener dos resultados, el peso unitario y el rendimiento del concreto.

$$PU = \frac{\text{Peso total (kg)} - \text{Peso del recipiente (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso total de la tanda (kg)}}{\text{Peso unitario promedio} \left( \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} \right)}$$

### 3.4.1.3. CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO. ( MÉTODO DE PRESIÓN)

En este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 231, el cual tiene como objetivo medir el contenido de aire del concreto.

#### Instrumentación

- Se usa un medidor de aire tipo Washington.
- Recipiente metálico de acuerdo a TM.
- Plancha enrasadora de espesor  $\geq \frac{1}{4}$ ", largo y ancho  $\varnothing$  recipiente + 2".
- Barra compactadora de acero liso con punta semiesférica de diámetro de  $\frac{5}{8}$ " x 24"
- Mazo de goma.

#### Procedimiento

- Primero se humedece el recipiente, se rellena un tercio del cono, se varilla 25 veces consecutivas y de 12 a 15 combeadas.

- Luego se coloca la segunda capa, que es los dos tercios del recipiente, se varilla 25 veces atravesando una pulgada de la capa inferior y de 12 a 15 combeadas.
- Se procede a rellenar por completo el recipiente, se varilla 25 veces y se da de 12 a 15 combeadas. Se enraza y se limpia los restos de concreto excedente al borde del recipiente.
- Se coloca el medidor de aire tipo Washington y se presiona los ganchos de forma de cruz.
- Se abre las válvulas y se vierte agua en una de las válvulas hasta que este salga por la otra válvula, se detiene el proceso hasta que dejan de salir burbujas de aire.
- Se cierran las válvulas al mismo tiempo, se bombea aire hasta la aguja del medidor de aire de cero.
- Se presiona la válvula que se encuentra al lado izquierdo y se lee la lectura del marcador.



*Ilustración 29 Ensayo de Contenido de Aire*

### **Cálculos de Resultados**

- Se toma las lecturas del medidor de aire tipo Washington, la cual debe ser 1% al 3% del volumen de la mezcla.

#### 3.4.1.4. TEMPERATURA DEL CONCRETO

En este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 1064, el cual tiene como objetivo medir la temperatura del concreto en estado fresco y endurecido.

#### **Antecedentes del Ensayo**

En nuestra investigación se realizó el ensayo de medición de temperatura a todas nuestras muestras, las cuales se encuentran en los ANEXOS 02, 03 y 04.

Se obtuvo las siguientes conclusiones:

- A medida que pasa el tiempo la temperatura disminuye.
- La temperatura del ambiente influye en la temperatura del concreto ya que ésta depende del aporte de calor de los agregados, además del calor liberado por la hidratación del cemento.

#### **Instrumentación**

- Se usa un termómetro digital, el cual debe ser capaz de medir con exactitud, la temperatura de la mezcla de concreto con una aproximación de +/- 0.5°C dentro de un rango de 0°C a 50°C.

#### **Procedimiento**

- Primero se coloca el medidor de temperatura de modo que el sensor esté sumergido al menos 75 mm (3 pulg) en el concreto recién mezclado.

- Se deja el medidor de temperatura sumergido en la mezcla de concreto por un período mínimo de dos minutos, pero no más de cinco minutos.
- Se debe tener en cuenta que no se debe retirar del concreto el medidor de temperatura hasta que su lectura sea constante.



*Ilustración 30 Medición de Temperatura del concreto*

### **Cálculos de Resultados**

- Se toma las lecturas del medidor de temperatura con una aproximación de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , la máxima temperatura que debe presentar la mezcla es de  $32^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.4.1.5. MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN.**

El siguiente ensayo nos permite determinar el tiempo de fraguado del concreto mediante la resistencia a la penetración, el cual nos permite obtener dos datos:

- Tiempo de fraguado inicial, nos define el límite de tiempo que tiene el concreto fresco para ser mezclado adecuadamente, colocado y

compactado<sup>48</sup> . Este dato se considera desde el contacto agua-cemento, hasta que la mezcla alcance una resistencia a penetración de  $500 \frac{lbf}{plg^2}$  .

- Tiempo de fraguado final, definido por el avance de la resistencia, dato que indica el período desde el contacto agua-cemento, hasta que la mezcla alcance una resistencia a penetración de  $4000 \frac{lbf}{plg^2}$ .

### Antecedentes del Ensayo

La investigadora de la Universidad Tecnológica Nacional- Facultad región de la Plata - LEMAAc, Centro de investigadores viales Gabalec, M. A. (2008) con la investigación “Tiempo de fraguado del hormigón”, Argentina obtuvo las siguientes conclusiones:

- Se ha comprobado la validez del ensayo a penetración, para conocer los tiempos de fraguado del concreto analizando la influencia de la temperatura sobre distintas relaciones agua/cemento mediante la representación gráfica y analítica de curvas, en las cuales se ponen de manifiesto los tiempos transcurridos en minutos y su resistencia a la penetración en Mpa.
- El aserrado se debe empezar tan pronto en cuanto el concreto se haya endurecido suficientemente para prevenir que los agregados se desplacen por la sierra, normalmente entre 4 y 12 horas después del endurecimiento del concreto.

---

<sup>48</sup> Gabalec, M. A. (2008) , “Tiempo de fraguado del hormigón”- Universidad Tecnológica Nacional- Facultad región de la Plata - LEMAAc, Centro de investigadores viales, Argentina

### Instrumentación

- Molde indeformable de sección transversal circular, con un diámetro de 20 cm aproximadamente y una altura de 9.5cm.
- El equipo utilizado es el penetrómetro, compuesto por un dispositivo de reacción que permita una fuerza máxima de 200Lbs y un elemento vertical, el cual permite el ajuste de las agujas en su parte inferior a 25 mm de la muestra.
- Las agujas son intercambiables, de sección circular.

Tabla 17 Área de las agujas del equipo del penetrómetro

AGUJA	ÁREA	
1	1 pulg <sup>2</sup>	645 mm <sup>2</sup>
2	½ pulg <sup>2</sup>	323 mm <sup>2</sup>
3	¼ pulg <sup>2</sup>	161 mm <sup>2</sup>
4	1/10 pulg <sup>2</sup>	65 mm <sup>2</sup>
5	1/20 pulg <sup>2</sup>	32 mm <sup>2</sup>
6	1/40 pulg <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>



Ilustración 31 Agujas del equipo de Penetración

## Procedimiento

- Se tamiza la mezcla a través del tamiz N°200, el volumen de la mezcla pasante se coloca en el recipiente hasta una altura no menor a 135 mm.
- Se compacta manualmente con una varilla por toda la sección transversal del recipiente.
- La superficie de la mezcla debe estar no menos de 10mm debajo del borde del recipiente.
- La muestra debe almacenarse y mantenerse lejos del sol a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Se coloca el recipiente con la mezcla en la parte inferior del equipo del penetrómetro y se procede medir la temperatura inicial, seguidamente se regula el equipo para la primera aguja. Para este ensayo es necesario medir paralelamente la temperatura ambiente y la humedad relativa.
- Mediante la palanca lateral se aplica una fuerza vertical sobre la superficie de la mezcla, hasta llegar a penetrar 25 mm en diez segundos.
- La distancia entre la aguja y el borde del recipiente debe ser igual o mayor que 25mm.
- La fuerza obtenida del ensayo se anota paralelamente con la hora en que se realizó, para luego proceder hacer los cálculos del tiempo transcurrido desde el contacto agua- cemento hasta el dato de la última aguja.
- Al finalizar el ensayo, se extraen los datos los cuales deben estar en un período de tiempo prudencial para hallar el tiempo de fraguado inicial y final.



Ilustración 32 Ensayo del Penetrómetro

### Cálculos de resultados

- a) Se calcula la resistencia a la penetración, en mega pascales ( $\text{lbf/ plg}^2$ ), la cual es la división de la fuerza, expresada en libras ( $\text{lbf}$ ), y el área de la superficie de la aguja, expresada en pulgadas cuadradas ( $\text{plg}^2$ ).
- b) A partir de los resultados de la resistencia de penetración, se procede a graficar la curva tiempo vs resistencia, para hallar el tiempo de fragua inicial y final. Se puede utilizar dos métodos :

- **Método analítico.-**

Se determina a través del método de los cuadrados mínimos; los coeficientes  $a_0$  y  $a_1$  de la ecuación siguiente:

$$\text{Log}(rp) = a_0 \log(t) + a_1 \text{ (Formula 1)}$$

Donde:

- $r_p$  = la resistencia a la penetración
- $t$  = tiempo transcurrido
- $a_0$  y  $a_1$  = Coeficientes

Para hallar los coeficientes se utilizan la siguiente fórmulas.

$$a_0 = \frac{N \sum(t * \sigma p) - \sum t * \sum \sigma p}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$a_1 = \frac{\sum \sigma p * \sum t^2 - \sum t * \sum(t * \sigma p)}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Donde:

- $N$  = Número de datos.
- $\sigma p$  = Resistencia de penetración.
- $t$  = tiempo.

El resultado del tiempo inicial de fraguado, se halla reemplazando  $r_p = 500 \frac{lb_f}{plg^2}$  en la (Formula 1).

Para obtener el tiempo de fragua final se reemplaza el  $r_p = 4000 \frac{lb_f}{plg^2}$  en la (Formula 1).

Se utiliza el método analítico sólo si el coeficiente de correlación es igual o mayor que 0,98.

#### ▪ Método gráfico.-

Se grafican los datos de tiempo (s) en el eje horizontal, mientras que los valores de la resistencia a la penetración (lbf) en el eje vertical, se procede a trazar una línea uniforme para unir los puntos.

El resultado del tiempo inicial de fraguado, se halla proyectando el valor  $r_p = 500 \frac{lbf}{plg^2}$  mediante una línea horizontal hasta intersectar con la curva graficada, desde este punto se traza una línea vertical hasta llegar al eje de abscisas, obteniendo de esta manera el tiempo en minutos. Para obtener el tiempo de fragua final se ubica el valor de  $r_p = 4000 \frac{lbf}{plg^2}$  en el eje vertical y se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente.

### 3.4.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

#### 3.4.2.1. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

##### 3.4.2.1.1. PERMEABILIDAD AL AIRE DE TORRENT

Según la Norma Suiza SIA 262/1-E, la permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo; y así, ser el resultado de la composición de la porosidad en la pasta de concreto, la hidratación o la asociación con la liberación de calor (calor de hidratación) y evaporación del agua de mezcla, la temperatura del concreto, y la formación de cavidades y grietas por contracción plástica en el concreto durante el tiempo de fraguado<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> Vélez, L.M. (2010), "Permeabilidad y Porosidad en Concreto", Revista Tecnológicas No.25, Medellín

## Antecedentes del ensayo

La investigación evidencia un aumento de la permeabilidad al aire a mayor relación a/c, al igual que ocurrió con la velocidad de succión capilar. Si bien se observa un valor con gran dispersión, se debe tener en cuenta que el método se especifica para controlar la calidad del hormigón en estructuras terminadas. El ensayo afectó una determinada profundidad de hormigón que en ocasiones superó los 5 cm de espesor de las muestras utilizadas, con lo cual se puede atribuir a este factor la variación encontrada.<sup>50</sup>

## Instrumentación

- Unidad de visualización consta de una pantalla gráfica LCD de 128 × 128 píxeles en donde se puede observar la gráfica de permeabilidad y el valor de Kt.
- Unidad de control con regulador de presión de membrana y sensor de presión de forma circular.
- Bomba de vacío, la cual se prende para suministrar energía al dispositivo de visualización.

---

<sup>50</sup> Mattio, M. E. (2014), "La Permeabilidad al agua como Parámetro para evaluar la Durabilidad del Hormigón", Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba



*Ilustración 33 Equipo de Permeabilidad de Torrent*

### **Procedimiento**

- La medición se debe hacer en superficies planas, lijadas y limpiadas superficialmente para que los datos sean verídicos.
- Primero se procede a calibrar el equipo con la lámina de calibración hasta que las últimas lecturas tomadas tengan una variación del  $\pm 0.5$ .
- Luego se procede a tomar la lectura de nuestra muestra, este proceso tiene una duración de 360 segundos, y se debe de tomar por las 4 caras.
- Se visualiza en la pantalla el KT Coeficiente de Permeabilidad y un gráfico en el que se observa la permeabilidad de la muestra según la siguiente tabla.

Tabla 18 Clasificación de la permeabilidad del concreto en función del coeficiente  $kT$

Clase	Coeficiente de permeabilidad $Kt (10^{-16} m^2)$	Permeabilidad
PK 1	< 0.01	Muy baja
PK 2	0.01-0.1	Baja
PK 3	0.1-1.0	Moderada
PK 4	1.0-10.0	Alta
PK 5	>10.0	Muy Alta

#### 3.4.2.1.2. ENSAYO DE VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO

El presente ensayo se realiza para determinar la velocidad de propagación de pulsos longitudinales de ondas de esfuerzos a través del concreto.

Este ensayo permite localizar deformaciones debajo de la superficie, tales como vacíos, tuberías y deslaminaciones del concreto.

El parámetro es la velocidad ( $V$ ) que se expresa en metros por segundos (m/s), la cual está asociada a las características del concreto, por lo mismo permite predecir el estado de calidad del mismo en estado endurecido.<sup>51</sup>

#### **Antecedentes del ensayo**

Los investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Ibarra, M. A. y Valencia, G. (2013) con la investigación “Estudio experimental para determinar

<sup>51</sup> Ibarra, M. A. y Valencia, G. (2013)- “Estudio experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple”.- Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima

patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple” obtuvieron las siguientes conclusiones:

- A base de los modelos de aproximación estadística estudiados, el que alcanzó el mayor éxito resultó ser el modelo de aproximación Cúbica.
- Para concretos elaborados en laboratorio con el TMN 3/4” de agregado grueso, equivalente al Huso 67 el error resulta alrededor de +/-21% con la aproximación cúbica.

En el año 1950, Leslie y Cheesman (Canadá) desarrollaron la técnica de medir la velocidad del pulso ultrasónico como una alternativa de prueba no destructiva, para evaluar la calidad del concreto.

*Tabla 19 Clasificación de la calidad del concreto según Leslie y Cheesman*

Calidad del Concreto	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)
Excelente	> 4540
Buena	De 3650 a 4570
Regular	De 3050 a 3650
Pobre	De 2130 a 3050
Muy pobre	< 2130

Basándonos en los cuadros de clasificación de la calidad del concreto, planteados por el investigador Agraval, la calidad del concreto es clasificada en las siguientes categorías.

*Tabla 20 Clasificación de la calidad del concreto según Agraval*

Calidad del Concreto	Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)
Buena	> 3000
Regular	De 2500 a 3000
Pobre	< 2130

### **Instrumentación**

- Generador de pulso eléctrico, se encarga de producir pulsaciones electrónicas las cuales son cambiadas a unas ondas de energía mecánica, las cuales se observan en su pantalla.
- Transductores estándar 54kHz, que se conectan a través de cables y son encargados de transmitir las pulsaciones al generador.
- Barra Calibradora, es un cilindro de plástico el cual tiene una longitud de 0.07 metros, sirve para estabilizar el equipo antes de hacer las mediciones.

### **Procedimiento**

- Primero se instala el equipo, se une los transductores con los cables conectores al generador de pulso.
- Se le aplica un gel de calibración a los transductores, se calibra el equipo de ultrasónico con la barra de calibración, esto ocurre cuando la velocidad que marca en el generador es el valor marcado en la barra.
- Se hace la técnica de medición directa de la probeta, acomodando los

transductores en la superficie circular de las probetas, uno de los dos es el traductor transmisor, el cual se pone en la superficie más lisa de la probeta.

- Se debe hacer lectura de varias repeticiones de este ensayo, en diferentes partes de las superficies cilíndricas de la probeta, para corroborar los datos y evitar datos erróneos.



Ilustración 34 Gráfica obtenida del Equipo de Pulso Ultrasonico



Ilustración 35 Medición de la velocidad de Ultrasonido

## CALCULOS

La velocidad de pulso se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$V = \frac{L}{T}$$

Donde:

- V = Velocidad de pulso (m/s)
- L = Distancia entre centros de las caras de los transductores(m)
- T = Tiempos de tránsito(s)

### 3.4.2.1.3. ENSAYO DE NÚMERO DE REBOTES

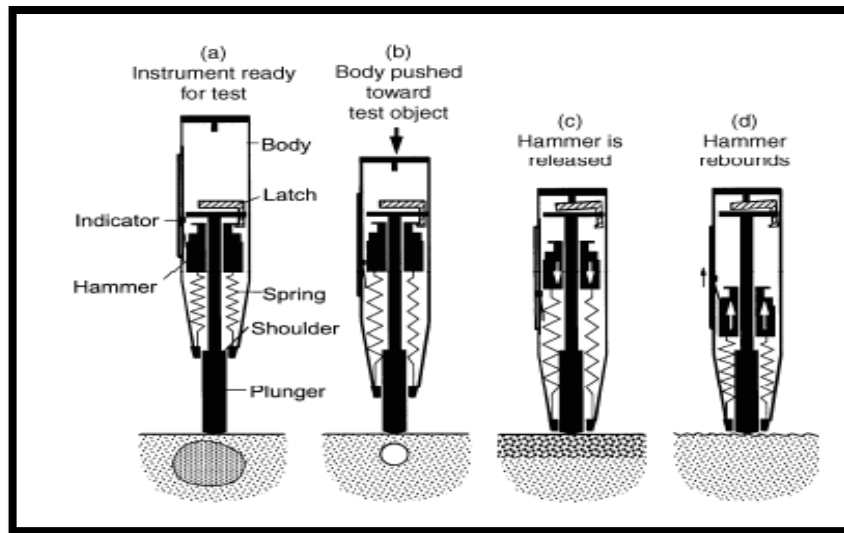
El presente ensayo es utilizado para evaluar la resistencia del concreto mediante el número de rebote utilizando un esclerómetro, pero no debe ser utilizado como una alternativa para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto endurecido.<sup>52</sup>

El ensayo se basa en que el número de rebotes depende de la dureza de la superficie. En la prueba del martillo de rebote, se presiona el martillo contra la superficie del concreto que se quiere probar. Al liberarlo, el concreto rebota del martillo y la distancia recorrida, expresada como porcentaje de la extensión inicial del resorte, es lo que se llama número de rebote.<sup>53</sup>

---

<sup>52</sup> Rojas, R.(2010)- “Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro”, Universidad Veracruzana, Veracruz.

<sup>53</sup> Ib p. 49



*Ilustración 36 Funcionamiento del ensayo de esclerómetro, tomado de ACI 228.1R-03*

### **Antecedentes del ensayo**

El investigador Rojas, R. (2010) con la investigación “Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro” de la Universidad Veracruzana obtuvo las siguientes conclusiones:

- El ensayo no destructivo del esclerómetro, con el índice de rebotes, no sustituye el ensayo a compresión como método para garantizar la resistencia a la compresión del concreto.
- Los resultados obtenidos en el ensayo con el esclerómetro en cilindros de concreto a edades tempranas es confiable para conocer zonas débiles del concreto y la homogeneidad del mismo teniendo en cuenta las prevenciones para realizar el ensayo.
- La humedad afecta las lecturas del esclerómetro, debemos de tener en cuenta las limitaciones del ensayo.

De acuerdo con Sánchez, N. L. (2012) en la investigación “El esclerómetro - Resistencia del concreto” realizado en la Universidad Nacional Experimental Politécnica de las Fuerzas Armadas U.N.E.F.A, obtuvo las siguientes conclusiones:

- Se puede obtener un valor estimado de la resistencia del concreto con una exactitud no mayor a un 20 a 25% para la correlación consistente entre índice esclerométrico y resistencia a compresión, teniendo en cuenta que el instrumento tiene que estar bien calibrado, las condiciones de humedad sean las adecuadas y la superficie donde se haga la medida sea lisa.
- La energía cinética de rebote inicial viene dada en el esclerómetro como una medida de la dureza del hormigón.

### **Instrumentación**

- Martillo SILVERSCHMIDT, es un equipo que consta de resortes los cuales al ser presionados contra la superficie del concreto regresan a su posición inicial y nos da el número de rebotes en la pantalla que tiene incorporado el dispositivo.
- Yunque, es un cilindro de altura pequeña el cual sirve para calibrar el equipo.

## Procedimiento

- Primero se debe tener en cuenta que la zona de prueba debe de tener no menos de 15 cm de diámetro y 10 cm de espesor.
- Si la superficie tiene irregularidades, se debe lijar y limpiar las probetas con una franela en la zona donde se realizaran las lecturas, para evitar el polvo o cualquier elemento que no corresponda al concreto.
- Se procede a calibrar el equipo, se emplea el yunque de calibración, el cual se coloca sobre el suelo, se presiona el martillo en forma perpendicular al yunque y se realizan las lecturas, las cuales deben estar comprendidas entre 78 y 82, lo que nos indica que la calibración ha sido la correcta.
- Si las lecturas de calibración son menores a 78 rebotes, se debe limpiar el martillo y volver hacer la calibración.
- El martillo se coloca en posición perpendicular sobre la zona del concreto, luego se presiona para que los resortes se liberen, se espera hasta que el martillo golpee la superficie de concreto.
- No se deben hacer dos impactos en menos de 2.5 cm.
- Se visualiza el número de rebotes en la pantalla y se hace la toma de varios valores en diferentes partes de la superficie, se eliminan las lecturas que difieran en más de 6 unidades y luego se realiza un promedio de las lecturas.



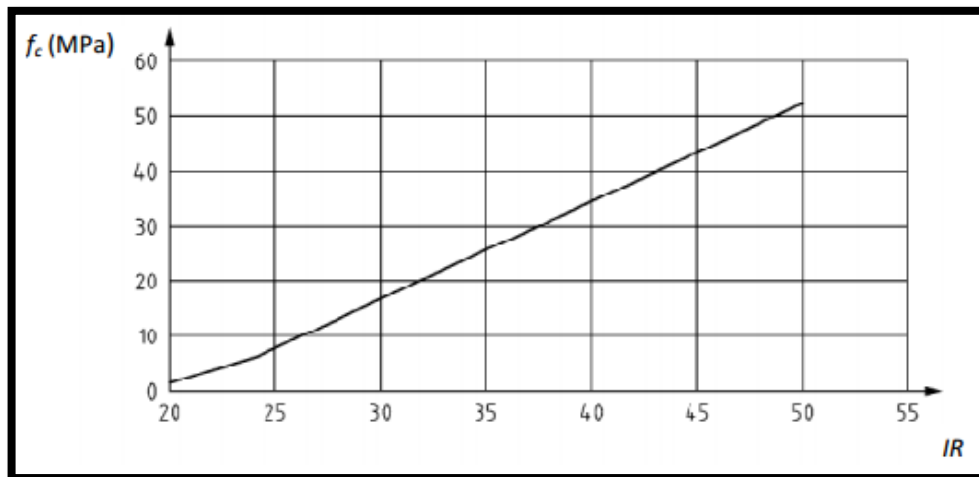
*Ilustración 37 Procedimiento del ensayo de Rebote*

### Cálculos

La norma europea UNE-EN-13791 en su apartado 8, “Evaluación de la resistencia características a compresión in situ mediante métodos indirectos”, establece una expresión analítica en función a la estimación del número de rebotes para obtener la resistencia la compresión, mediante el método de evaluación denominada “Curva Básica”.

*Tabla 21 Ecuaciones según número de rebotes*

Número de Rebotes	Ecuación
Entre 20 y 24	$f_c = 1,73 \times IR - 34,5$
Entre 25 y 50	$f_c = 1,25 \times IR - 23,0$



Gráfica 3 Curva básica para el ensayo de determinación del índice de rebote, tomado de la UNE-EN-13791

#### 3.4.2.1.4. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE LONGITUD DEL MORTERO Y DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO ENDURECIDO

El siguiente ensayo nos permite determinar el porcentaje de cambio de longitud del concreto. Cuando el concreto se encuentra en el estado fresco, sufre diversos cambios volumétricos, también llamadas contracciones plásticas o retracción plástica del concreto (Plastic Shrinkage); al producirse la reducción de agua desde el interior hacia el exterior se origina una contracción por secado, ocasionando esfuerzos de tensión en la capa superficial del concreto. Se debe controlar la temperatura de la mezcla de concreto, por lo contrario se producirán agrietamientos superficiales, además es importante tener en cuenta que cuando la temperatura del concreto supera a la temperatura ambiente puede que se produzca una contracción plástica.

### Antecedentes del ensayo

Anteriormente se han investigado cómo reaccionan diferentes tipos de cemento y se ha llegado a la conclusión que los cementos Tipo II producen menor contracción que los Tipo I y mucho menor aún que los Tipo III.<sup>54</sup>

En el Gráfico 4 se determina el contenido de agua en la mezcla del concreto sobre el porcentaje de contracción por secado, en base a un estudio desarrollado por el U.S. Bureau of Reclamación, donde se prueba que a mayor contenido de agua aumenta la contracción; además que los concretos con relaciones a/c bajas tienen menor contracción por secado.



Gráfica 4 Contenido de Agua – Porcentaje de contracción por secado

### Instrumentación

- Se requieren prismas de sección transversal cuadrada de 100 mm (4 pulg) de lado y de longitud aproximada de 254 mm (10 pulg).
- Pernos prisioneros, los cuales son de acero inoxidable, estriados y enroscados para ser usados con moldes de prismas.

---

<sup>54</sup> García, P. A. (2007), "Verificación de la dosificación de fibras sintéticas para neutralizar las fisuras causadas por contracción plástica en el concreto"- Universidad Ricardo Palma, Lima

- El equipo de laboratorio es el comparador de longitud con dial indicador de 10”.
- Una varilla de referencia de Invar, la cual es para calibrar el equipo antes de hacer cada lectura.

## **Procedimiento**

### Mezclado del concreto

- Se emperna los pernos de calibración en los moldes de prismas de sección transversal cuadrada de 100 mm de lado y de longitud de 254 mm.
- Se coloca el concreto en el prisma en dos capas aproximadamente iguales, se varilla con cuidado de no mover los pernos prisioneros.
- La capa superior debe exceder el prisma para enrazar la superficie y quitar el exceso de concreto.
- Cuando se culmina la enrazada de la superficie, se afloja el dispositivo que sostiene al perno prisionero en su lugar, así se evitará que el perno se mueva de su lugar.

### Curado del concreto

- Se desencofra el prisma a las 24 h  $\pm$  ½ h con cuidado de causar presión directamente a los pernos prisioneros, luego se procede a colocar uno por uno a la poza de curado de agua con cal, dejándolos por un período de tiempo de 30 minutos.
- Se retira el prisma de la poza de curado y se seca superficialmente con

un paño húmedo y se hace seguidamente la lectura de comparación inicial.

- Se procede a colocar los prismas en la poza de curado de agua con cal durante los primeros 7 días de edad, se secan con un paño y se toman los datos a esta edad.
- Posteriormente de leer la lectura a 7 días, los prismas son almacenados en un contenedor que se mantenga a una humedad relativa de  $50 \pm 4\%$ , mientras los especímenes están a una temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .



*Ilustración 38 Utilización del equipo de contracción con la muestra HE-08-0.25*

#### Uso del equipo

- El comparador de longitud con dial indicador de 10", primero se calibra con una varilla de referencia de Invar, la cual se coloca en los diales y se tara.
- Se coloca el prisma cuidadosamente, haciendo coincidir los pernos prisiones en los diales del equipo, se da vueltas a los prismas y se detiene en la cara que se obtenga mayor valor.

## Cálculos

Para hallar el porcentaje de cambio de longitud se realizó mediante la siguiente ecuación, según la norma ASTM C 157.

$$\Delta L = \frac{CRD - CRD_{inicial}}{G} * 100$$

Donde:

- $\Delta L$  = Cambio de longitud (%).
- $CRD$  = Diferencia entre la lectura de comparador del espécimen y la lectura de comparador de la barra de referencia a cualquier edad.
- $G$  = La longitud de calibración usada es de 10 pulgadas.

### 3.4.2.1.5. ENSAYO DE RESISTIVIDAD

Este ensayo nos permite determinar la resistividad superficial del concreto, el cual nos genera una idea del estado del concreto en una edificación, la probabilidad de corrosión y la velocidad de generación de cloruro. Este ensayo nos permite ver además<sup>55</sup>:

- Estimación de la probabilidad de corrosión.
- Indicación de velocidad de corrosión.
- Correlación con la permeabilidad al cloruro.
- Identificación de zonas mojadas y secas de una estructura de concreto.

---

<sup>55</sup> Ficha Técnica "Recipod" (2016), Proceq

### Antecedentes

Los investigadores Mejía, V. y Peña, E. (2010) con la investigación “Determinación de la resistencia y Resistividad Eléctrica de Probetas de varios Diseños de Hormigón sometidas a Ataques de Contaminantes” de la Escuela Superior Politécnica del Litoral Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Guayaquil, concluyó que:

- La resistividad del concreto presenta un aumento a través del tiempo. Si esta aumenta, entonces la conductividad disminuye, por lo tanto existe un alto riesgo a la corrosión.
- El concreto puzolánico presenta una mejor resistividad.
- El concreto en condiciones normales presenta una resistividad alta, por lo tanto el riesgo de corrosión es mínimo.
- El agente contaminante más agresivo son los iones cloruros.

Tabla 22 Velocidad posible de corrosión de acuerdo a la resistividad

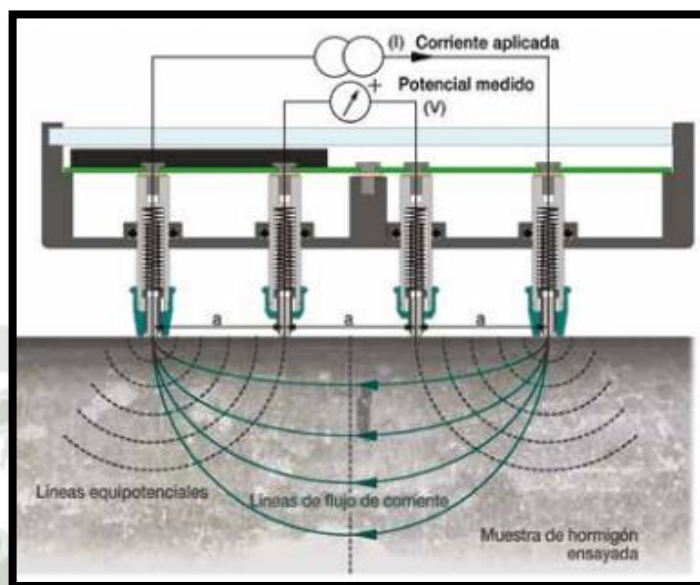
Nivel de Resistividad (K Ohmios cm)	Velocidad de Posible Corrosión en acero de Refuerzo
<5	Muy Alta
5 a10	Alta
10 a 20	Moderada a Baja
>20	Insignificante

### Instrumentación

Para este ensayo se utilizó el equipo de Medición de Resistividad:

- **Resipod** es una sonda Wenner de 4 puntos, elaborada para medir la resistividad del concreto en un ensayo no destructivo. Este equipo aplica una corriente a dos sondas exteriores y mide la diferencia de potencial

entre las dos interiores. La resistividad obtenida depende de la distancia entre las zonas<sup>56</sup>.



*Ilustración 39 Funcionamiento del equipo de medición de resistividad "Resipod"*

### Procedimiento

- Se procede a sacar las probetas de las mantas de curado o de la poza y se deja secar superficialmente.
- Posteriormente se procede a limpiar con un trapo seco toda la superficie larga de la probeta.
- Con un paño húmedo se humedece la zona a efectuar la medición y al instante se coloca el equipo.
- La zona de medición debe ser lo suficientemente grande en la que se pueda ubicar los 4 sensores del equipos, ya que esto podría variar la lectura,

<sup>56</sup> Ficha Técnica "Recipod" (2016), Proceq

- Una vez colocado el equipo encima de la probeta se presiona hasta que se obtenga la lectura en la pantalla.



*Ilustración 40 Uso del equipo de medición de resistividad "Resipod"*

### 3.4.2.2. ENSAYOS DESTRUCTIVOS

#### 3.4.2.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Este ensayo nos permite determinar la resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades. En nuestra investigación se realizó esta prueba por cada diseño de mezclas, es decir a 8, 12 y 24 horas con cada tipo de cemento: Tipo HE, Tipo IP y Tipo I, además que también se tomó datos a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.

#### **Instrumentación**

- Prensa mecánica.
- Regla metálica graduada.

#### **Procedimiento**

- Primero se mide el diámetro de la probeta de concreto.
- Luego se coloca la probeta centrada en la prensa junto con las tapas metálicas para que se ajuste a la máquina.

- Se configura la prensa mecánica para el tamaño y las dimensiones de nuestra probeta.
- Se cierra la puerta metálica de la prensa para evitar la caída de los fragmentos al fracturarse la probeta.
- Una vez la probeta haya fallado se toma nota de la carga.

### **Cálculos**

- Para obtener la resistencia de una probeta de concreto se debe de hallar el área con el diámetro medido antes de la rotura.
- Luego se divide la carga entre el área de la probeta y se obtiene la resistencia del concreto.
- Es recomendable tomar la resistencia de 3 probetas del mismo diseño de mezclas para así poder tener un promedio.

#### **3.4.2.2.2. RESISTENCIA A LA FLEXO-TRACCIÓN O MÓDULO DE ROTURA.**

Este ensayo nos permite determinar la resistencia a la flexo-tracción del concreto a diferentes edades. En nuestra investigación se realizó esta prueba por cada diseño de mezclas, es decir a 8, 12 y 24 horas con cada tipo de cemento: Tipo HE, Tipo IP y Tipo I.

### **Instrumentación**

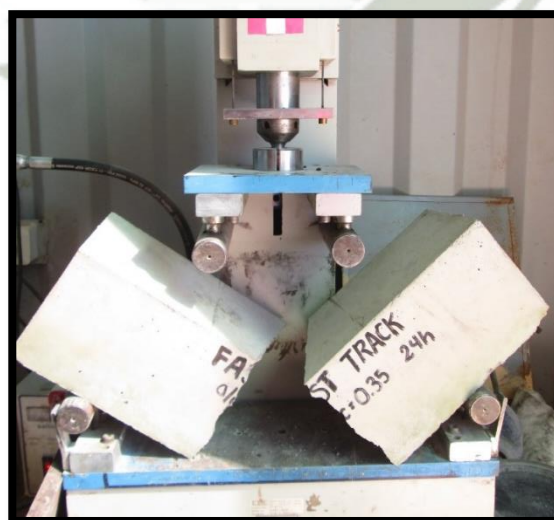
- Prensa mecánica de flexo tracción
- Regla metálica graduada
- Viga de concreto de 300mmx300mmx500mm

## Procedimiento

- Primero se mide las dimensiones de la sección de la viga de concreto.
- Luego se coloca la viga centrada en la prensa revisando que los costados tengan la misma separación entre los apoyos.
- Se configura la prensa mecánica para el ensayo de flexo-tracción.
- Se apaga la máquina una vez la viga haya presentado la falla y se toma nota de la carga.



*Ilustración 41 Ensayo de Flexo-tracción*



*Ilustración 42 Falla presentada en la viga de concreto después del ensayo de flexo-tracción.*

## Cálculos

- Para obtener la resistencia a la flexo-tracción o Módulo de Rotura de una viga de concreto se aplica la siguiente fórmula:

$$MR = \frac{P * L}{b * h^2}$$

Donde:

- ✓ P = Carga
- ✓ L = longitud de la viga
- ✓ b = base de la sección transversal
- ✓ h = altura de la sección transversal

### 3.4.2.2.3. PERMEABILIDAD AL AGUA BAJO PRESIÓN

Este ensayo se realizó según la Norma Española UNE-EN 12390-8, el cual nos ayuda a determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión del concreto.

#### **Antecedentes del ensayo**

En el 2009, una investigación realizada por E.B. Bermejo, A. Moragues, J.C. Gálvez y M. Fernández Cánovas titulada “Permeabilidad y estructura porosa de hormigones autocompactantes de resistencia moderada” concluyó que del ensayo de penetración de agua bajo presión se puede asumir que la resistencia a la compresión es inversamente proporcional a la profundidad de penetración del agua, es decir, que a mayor resistencia tenga el concreto, su profundidad de penetración será mucho menor.

## Instrumentación

- Equipo de ensayo: Consiste de un equipo en el que las probetas se puedan situar de manera en que la presión de agua actué directamente sobre ellas.

## Procedimiento

- Una vez se desmoldada la probeta se debe de lijar la superficie de la cara que estará expuesta a la presión de agua.
- Se colocara la probeta en el horno por un período de 24 horas y se dejará enfriar.
- Se colocará la probeta en el equipo, la cara lijada en contacto con el área de presión de agua.
- Se asegura las válvulas del equipo para evitar pérdida de agua.
- Finalmente se coloca la probeta a una presión de 5 Mpa durante tres días.
- Una vez culminado este período, inmediatamente se lleva las probetas a la prensa para quebrarlas por la mitad y medir la profundidad debido a la presión de agua.



*Ilustración 43 Utilización del equipo de permeabilidad bajo presión de agua*



*Ilustración 44 Probeta partida a la mitad para medir la profundidad que penetra el agua.*

### 3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE UNA PROPORCIÓN ADECUADA DE LOS COMPONENTES DE CONCRETO FAST TRACK

#### 3.5.1. PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO FAST TRACK

- En un pavimento Fast- Track la resistencia a la compresión a las 24 horas debe ser 280 kgf/cm<sup>2</sup> y a la flexo-tracción no menor de 45 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Contenido mínimo de cemento es de 440 kg/m<sup>3</sup>.
- Relación agua-cemento máxima de 0.40
- Asentamiento para concreto: 8 a 10"
- El contenido de aire en base al tamaño máximo de los agregados.
- Módulo de finura de los agregados finos entre 2,7 y 2,85.
- Incidencia arena/piedra mínimo de 42/58.

### 3. 6. DISEÑO DE MEZCLAS

En la investigación se presentan todos los diseños de mezclas, lo cuales se encuentran en los ANEXOS 02, 03 Y 04.

#### Procedimiento de elaboración del Concreto Fast Track

El concreto Fast Track es ampliamente usado en otros países por diversas características, de las cuales, la más importante es la menor relación agua cemento, lo cual brinda mayores resistencias a corto plazo.

En el presente trabajo se elaboraron diseños de mezclas para tres diferentes edades: 24, 12 y 8 horas; las cuales se realizaron mediante un procedimiento de mezclado diferente para la edad a la que se requería, basándonos principalmente en la dosificación de aditivos y la baja relación agua cemento. Este procedimiento se detalla en las siguientes figuras:

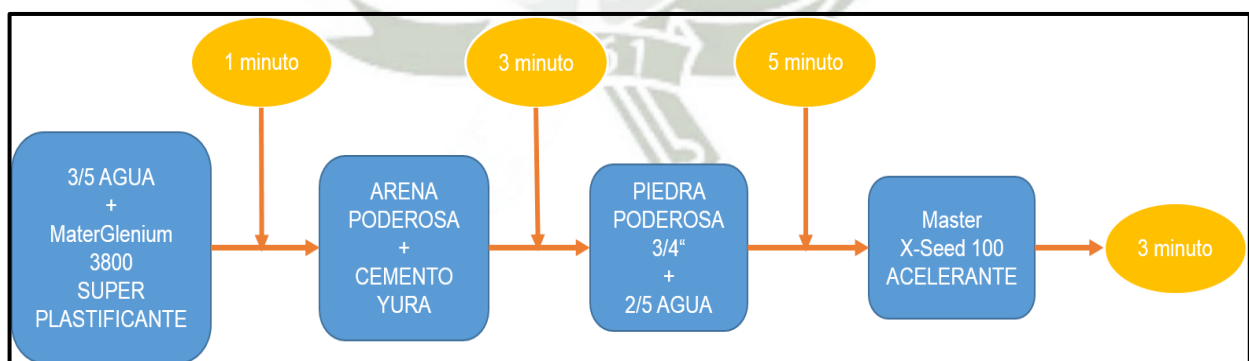


Ilustración 45 Procedimiento de mezclado de concreto a 24 horas

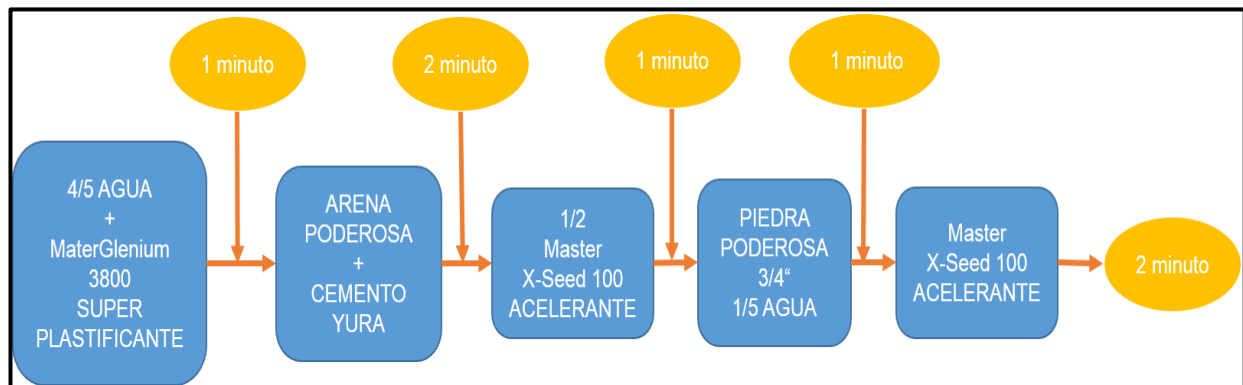


Ilustración 46 Procedimiento de mezclado de concreto a 8 y 12 horas

### 3.6.1. CEMENTO YURA TIPO HE.

3.6.1.1. Diseño de mezclas según módulo de fineza para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad 24 horas.

Tabla 23 Diseño HE-24-0.40

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	440
Agua	Planta Gloria	L	176
Agregado Fino	Poderosa	Kg	836
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	936
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	6.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	4.2
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.40
Incidencia arena/piedra		%	48
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.9

Tabla 24 Diseño HE-24-0.38

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	460
Agua	Planta Gloria	L	151
Agregado Fino	Poderosa	Kg	871
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	888
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	6.90
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	4.60
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.38
Incidencia arena/piedra		%	50
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1

Tabla 25 Diseño HE-24-0.35

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	480
Agua	Planta Gloria	L	168
Agregado Fino	Poderosa	Kg	871
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	889
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	7.20
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	5.28
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	50
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1

3.6.1.2. Diseño de mezclas según módulo de fineza para  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad 12 horas.

Tabla 26 Diseño HE-12-0.26

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	630
Agua	Planta Gloria	L	163
Agregado Fino	Poderosa	Kg	663
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	939
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	25.2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	6.30
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.26
Incidencia arena/piedra		%	44
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	4
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1

3.6.1.3. Diseño de mezclas según módulo de fineza para  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad 08 horas

Tabla 27 Diseño HE-08-0.25

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	650
Agua	Planta Gloria	L	165
Agregado Fino	Poderosa	Kg	714
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	906
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	26.00
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	10.40
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.25
Incidencia arena/piedra		%	45
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	4
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.6

### 3.6.2. CEMENTO YURA TIPO IP

3.6.2.1 Diseño de mezclas según módulo de fineza para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad 24 horas.

Tabla 28 Diseño IP-24-0.30

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	550
Agua	Planta Gloria	L	129
Agregado Fino	Poderosa	Kg	752
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	944
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	11.00
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	6.05
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.30
Incidencia arena/piedra		%	43
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1

3.6.2.2 Diseño de mezclas según módulo de fineza para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad 24 horas adicionado con ULTRAVAL.

Tabla 29 Diseño IP-U-24-0.40

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	240
Cemento Ultraval	C&T Representaciones S.A.	kg	160
Agua	Planta Gloria	L	132
Agregado Fino	Poderosa	Kg	907
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	932
Viscocrete 1110 (superplastificante)	SIKA	Kg	3.20
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.40
Incidencia arena/piedra		%	50
Cemento Ultraval		%	40
Viscocrete 1110 (superplastificante)		%	0.8

### 3.6.3. CEMENTO YURA TIPO I

3.6.3.1. Diseño de mezclas según módulo de fineza para  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad 24 horas.

Tabla 30 Diseño de mezclas I-24-0.35

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento Tipo I	YURA	kg	500
Agua	Planta Gloria	L	165
Agregado Fino	Poderosa	Kg	838
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	895
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	7.50
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	4.50
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.33
Incidencia arena/piedra		%	50
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.9

3.6.3.2. Diseño de Mezclas según módulo de fineza para  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  a una edad 12 horas.

Tabla 31 Diseño de mezclas I-12-0.26

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento Tipo I	YURA	kg	650
Agua	Planta Gloria	L	165
Agregado Fino	Poderosa	Kg	652
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	962
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	26.00
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	5.85
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.25
Incidencia arena/piedra		%	42
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	4
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.9

3.6.3.3 Diseño de mezclas según módulo de fineza para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
a una edad 08 horas.

Tabla 32 Diseño de mezclas I-08-0.25

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento Tipo I	YURA	kg	670
Agua	Planta Gloria	L	163
Agregado Fino	Poderosa	Kg	648
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	955
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	26.80
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	7.37
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO			
Relación a/c		-	0.24
Incidencia arena/piedra		%	42
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	4
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4. 1. ENSAYOS DE LABORATORIO DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO

#### 4.1.1. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

- Cemento HE

Tabla 33 Slump HE – 24 – 0.40

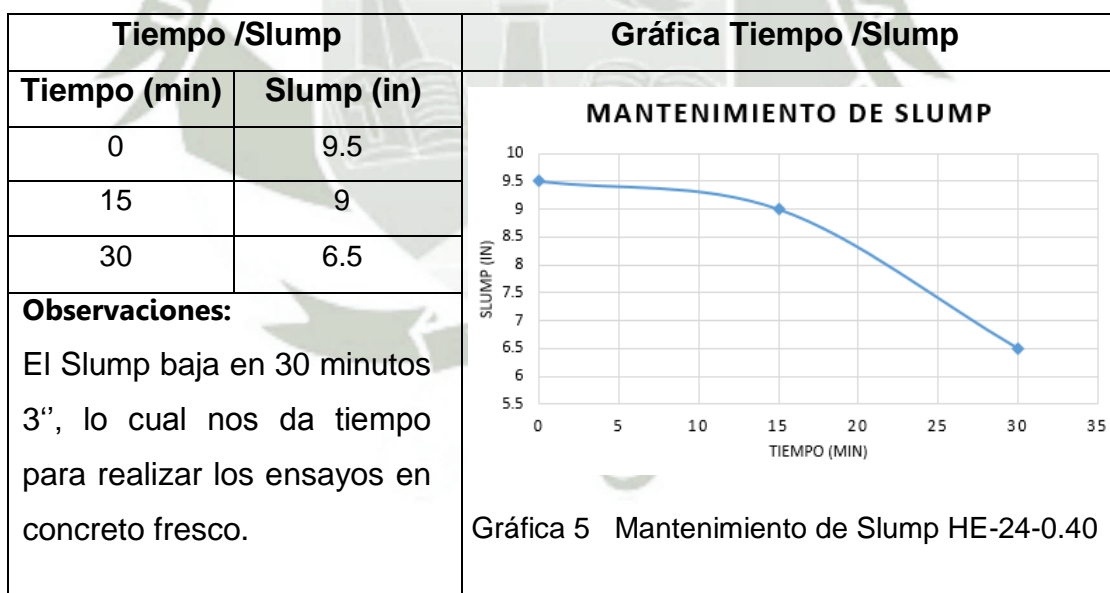


Tabla 34 Slump HE – 24 – 0.38

Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump
Tiempo (min)	Slump (in)	MANTENIMIENTO DE SLUMP
0	9.25	
15	8.5	
40	8.25	
<b>Observaciones:</b> El Slump baja en 40 minutos 1", lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.		Gráfica 6 Mantenimiento de Slump HE-24-0.38

Tabla 35 Slump HE – 24 – 0.35

Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump
Tiempo (min)	Slump (in)	MANTENIMIENTO DE SLUMP
0	10.25	
15	8.75	
30	8.25	
<b>Observaciones:</b> El Slump baja en 30 minutos 2", lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.		Gráfica 7 Mantenimiento de Slump HE-24-0.35

Tabla 36 Slump HE – 12 – 0.26

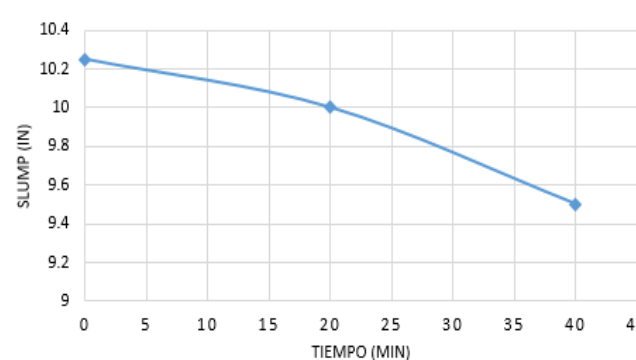
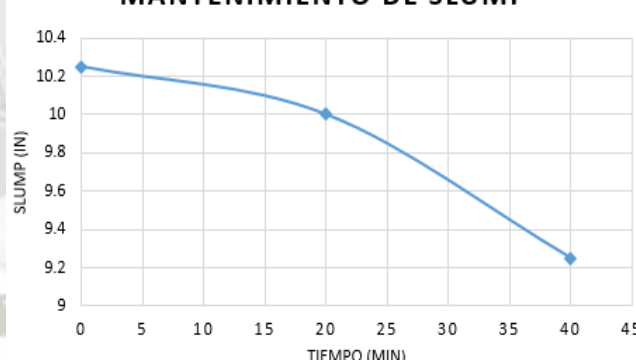
Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump
Tiempo (min)	Slump (in)	<p><b>MANTENIMIENTO DE SLUMP</b></p> 
0	10.25	
20	10	
40	9.5	
<p><b>Observaciones:</b> El Slump baja en 40 minutos 0.75", lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.</p>		Gráfica 8 Mantenimiento de Slump HE-12-0.26

Tabla 37 Slump HE – 08 – 0.25

Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump
Tiempo (min)	Slump (in)	<p><b>MANTENIMIENTO DE SLUMP</b></p> 
0	10.25	
20	10	
40	9.25	
<p><b>Observaciones:</b> El Slump baja en 40 minutos 1", lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.</p>		Gráfica 9 Mantenimiento de Slump HE-08-0.25

➤ Cemento IP

Tabla 38 Slump IP – 24 – 0.30

Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump										
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Slump (in)</b>	<p style="text-align: center;"><b>MANTENIMIENTO DE SLUMP</b></p> <table border="1"> <caption>Data for Gráfica 10</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Slump (in)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>9.0</td></tr> <tr><td>15</td><td>8.25</td></tr> <tr><td>30</td><td>7.5</td></tr> <tr><td>45</td><td>7.0</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo (min)	Slump (in)	0	9.0	15	8.25	30	7.5	45	7.0
Tiempo (min)	Slump (in)											
0	9.0											
15	8.25											
30	7.5											
45	7.0											
0	9.0											
15	8.25											
30	7.5											
45	7.0											
<p><b>Observaciones:</b> El Slump baja en 45 minutos 2”, lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.</p>		<p>Gráfica 10 Mantenimiento de Slump IP-24-0.30</p>										

Tabla 39 Slump IP – U – 24 – 0.40

Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump								
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Slump (in)</b>	<p style="text-align: center;"><b>MANTENIMIENTO DE SLUMP</b></p> <table border="1"> <caption>Data for Gráfica 11</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>Slump (in)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>9.75</td></tr> <tr><td>20</td><td>9.0</td></tr> <tr><td>40</td><td>8.25</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo (min)	Slump (in)	0	9.75	20	9.0	40	8.25
Tiempo (min)	Slump (in)									
0	9.75									
20	9.0									
40	8.25									
0	9.75									
20	9.0									
40	8.25									
<p><b>Observaciones:</b> El Slump baja en 40 minutos 1.5”, lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.</p>		<p>Gráfica 11 Mantenimiento de Slump IP-U-24-0.40</p>								

➤ Cemento Tipo I

Tabla 40 Slump I – 24 – 0.33

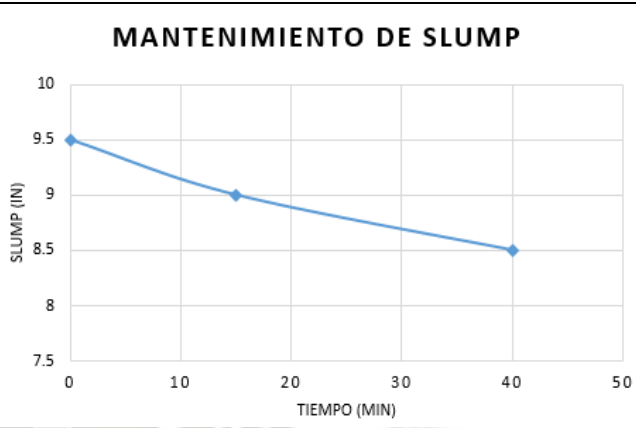
Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump
Tiempo (min)	Slump (in)	MANTENIMIENTO DE SLUMP
0	9.5	
15	9	
40	8.5	
<b>Observaciones:</b> El Slump baja en 40 minutos 1", lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.		Gráfica 12 Mantenimiento de Slump I-24-0.33

Tabla 41 Slump I – 12 – 0.25

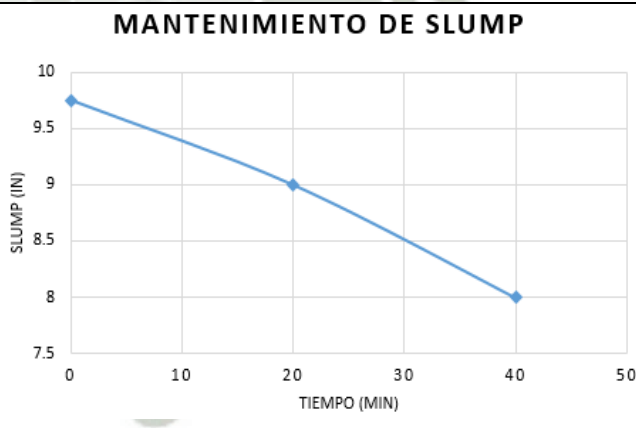
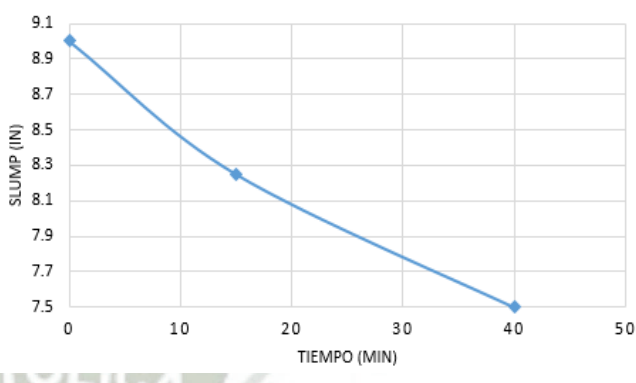
Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump
Tiempo (min)	Slump (in)	MANTENIMIENTO DE SLUMP
0	9.75	
20	9	
40	8	
<b>Observaciones:</b> El Slump baja en 40 minutos 1.75", lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.		Gráfica 13 Mantenimiento de Slump I-12-0.25

Tabla 42 Slump I – 08 – 0.24

Tiempo /Slump		Gráfica Tiempo /Slump
Tiempo (min)	Slump (in)	MANTENIMIENTO DE SLUMP
0	9	
15	8.25	
40	7.5	
<b>Observaciones:</b> El Slump baja en 40 minutos 1.5", lo cual nos da tiempo para realizar los ensayos en concreto fresco.		

Gráfica 14 Mantenimiento de Slump I-08-0.24

#### 4.1.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

- Cemento Tipo HE

Tabla 43 Resumen Peso Unitario Cemento Tipo HE

EDAD	Nomenclatura	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
24 horas	HE-24-0.40	2384
	HE-24-0.38	2358
	HE-24-0.35	2350
12 horas	HE-12-0.26	2400
08 horas	HE-08-0.25	2417

- Cemento Tipo IP

*Tabla 44 Resumen Peso Unitario Cemento Tipo IP*

EDAD	Nomenclatura	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
24 horas	IP-24-0.30	2388
24 horas + Ultraval	IP-U-24-0.40	2371

- Cemento Tipo I

*Tabla 45 Resumen Peso Unitario Cemento Tipo I*

EDAD	Nomenclatura	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
24 horas	I-24-0.30	2356
12 horas	I-12-0.25	2392
08 horas	I-08-0.24	2407

#### 4.1.3. CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO (MÉTODO DE PRESIÓN)

- Cemento Tipo HE

*Tabla 46 Resumen Contenido de aire Cemento Tipo HE*

EDAD	Nomenclatura	Contenido de aire (%)
24 horas	HE-24-0.40	2.4
	HE-24-0.38	2.2
	HE-24-0.35	2.1
12 horas	HE-12-0.26	1.9
08 horas	HE-08-0.25	1.8

➤ Cemento Tipo IP

*Tabla 47 Resumen Contenido de aire Cemento Tipo IP*

EDAD	Nomenclatura	Contenido de aire (%)
24 horas	IP-24-0.30	2.0
24 horas + Ultraval	IP-U-24-0.40	1.8

➤ Cemento Tipo I

*Tabla 48 Resumen Contenido de aire Cemento Tipo I*

EDAD	Nomenclatura	Contenido de aire (%)
24 horas	I-24-0.30	2.4
12 horas	I-12-0.25	2.3
08 horas	I-08-0.24	2.1

4.1.4. TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO

➤ Cemento HE

*Tabla 49 Temperatura HE – 24 – 0.40*

Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	<p><b>MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA</b></p> <p>Gráfica 15 Mantenimiento de Temperatura HE-24-0.40</p>
0	25	
15	24.9	
30	23.7	
<p><b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 30 minutos 1.3°C.</p>		

Tabla 50 Temperatura HE – 24 – 0.38

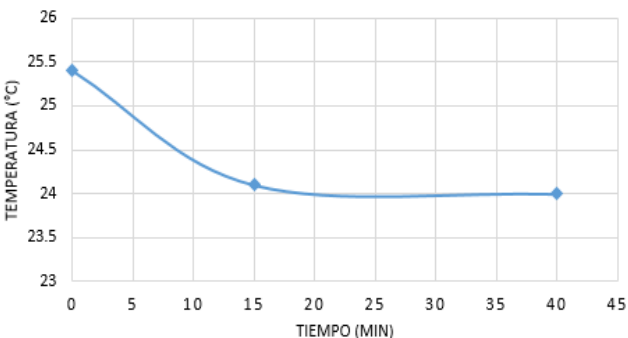
Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA
0	25.4	
15	24.1	
40	24	
<b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 1.4°C.		Gráfica 16 Mantenimiento de Temperatura HE-24-0.38

Tabla 51 Temperatura HE – 24 – 0.35

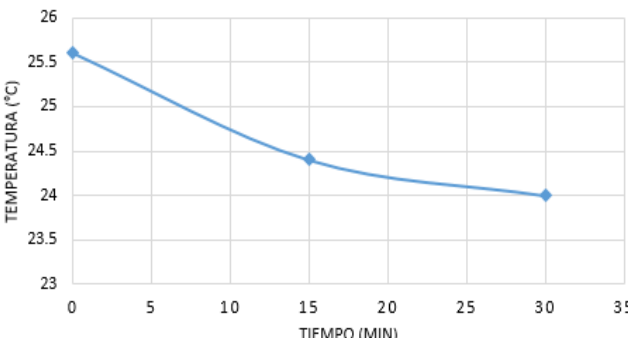
Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA
0	25.6	
15	24.4	
30	24	
<b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 30 minutos 1.6°C.		Gráfica 17 Mantenimiento de Temperatura HE-24-0.35

Tabla 52 Temperatura HE – 12 – 0.26

Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA
0	22.7	
20	22.4	
40	22.0	
<b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 0.7 °C.		Gráfica 18 Mantenimiento de Temperatura HE-12-0.26

Tabla 53 Temperatura HE – 08 – 0.25

Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA
0	20.1	
20	19.8	
40	19.0	
<b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 1.1°C.		Gráfica 19 Mantenimiento de Temperatura HE-08-0.25

➤ CEMENTO IP

Tabla 54 Temperatura IP – 24 – 0.30

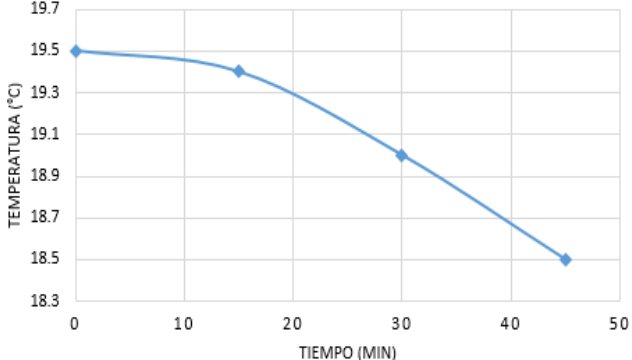
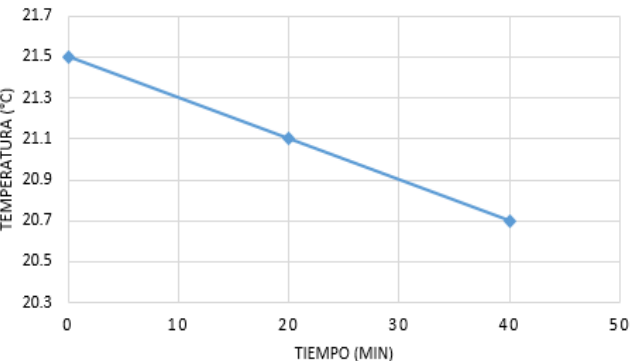
Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<p><b>MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA</b></p> 
0	19.5	
15	19.4	
30	19.0	
45	18.5	
<p><b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 1°C.</p>		<p>Gráfica 20 Mantenimiento de Temperatura IP-24-0.30</p>

Tabla 55 Temperatura IP – U – 24 – 0.40

Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<p><b>MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA</b></p> 
0	21.5	
20	21.1	
40	20.7	
<p><b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 0.8°C.</p>		<p>Gráfica 21 Mantenimiento de Temperatura IP-U-24-0.40</p>

➤ CEMENTO TIPO I

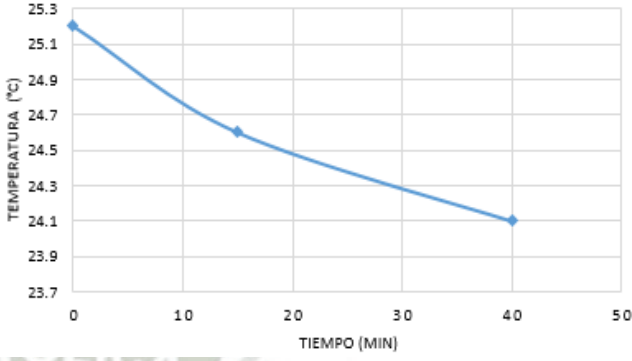
Tabla 56 Temperatura I – 24 – 0.33

Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA
0	23.3	
15	23	
40	21.8	
<b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 1.5°C.		Gráfica 22 Mantenimiento de Temperatura I-24-0.33

Tabla 57 Temperatura I – 12 – 0.25

Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA
0	24.4	
20	23.5	
40	22.9	
<b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 1.5°C.		Gráfica 23 Mantenimiento de Temperatura I-12-0.25

Tabla 58 Temperatura I – 08 – 0.24

Tiempo /Temperatura		Gráfica Tiempo /Temperatura
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	MANTENIMIENTO DE TEMPERATURA
0	25.2	
15	24.6	
40	24.1	
<b>Observaciones:</b> La temperatura baja en 40 minutos 1.1°C.		Gráfica 24 Mantenimiento de Temperatura I-08-0.24

#### 4.1.5. MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

En la presente investigación, el concreto es de altas resistencias iniciales, por lo tanto el fraguado es acelerado. Para calcular la penetración de la primera aguja se empezó una o dos horas después del contacto agua - cemento y se repitió a intervalos de quince a treinta minutos.

## CEMENTO YURA TIPO HE A 24 HORAS

### a) Diseño de mezcla HE-24-0.40

Tabla 59 Características del ensayo HE-24-0.40

Hora de contacto agua cemento		10.08 am			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
12:47	1	148	25.0	26.1	25%
13:14	2	188	25.5	28.2	27%
13:16	3	122	25.8	27.4	23%
14:23	4	134	26.0	26.5	27%
14:24	5	100	26.0	28.3	32%
14:58	6	118	26.6	27.4	25%

Tabla 60 Cálculos del ensayo HE-24-0.40

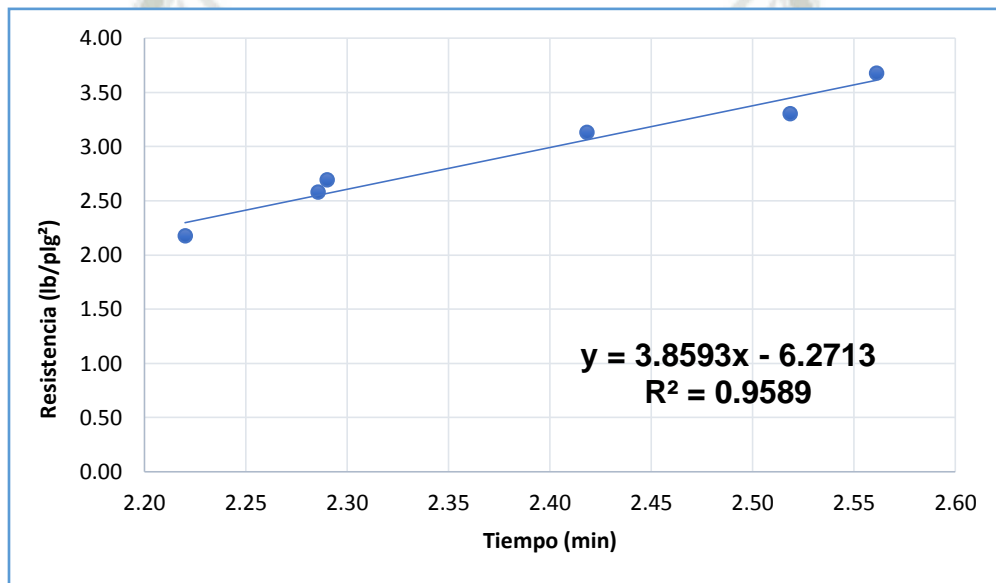
Carga (lbf)	Área (plg <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lbf/plg <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	log (t)	log (σp)	log (σp * log t)	log (t <sup>2</sup> )
148	1.00	148	166	2.22	2.17	4.82	4.93
188	0.50	376	193	2.29	2.58	5.89	5.22
122	0.25	488	195	2.29	2.69	6.16	5.24
134	0.10	1340	262	2.42	3.13	7.56	5.85
100	0.05	2000	330	2.52	3.30	8.31	6.34
118	0.03	4720	364	2.56	3.67	9.41	6.56
Sumatorias				14.3	17.5	42.1	34.1

$$a_0 = \frac{(6 * 42.1) - (14.3 * 17.5)}{(6 * 14.1) - (14.3)^2} = 3.859$$

$$a_1 = \frac{(14.3 * 42.1) - (17.5 * 34.1)}{(6 * 14.1) - (14.3)^2} = -6.27$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 3.859 * \text{Log}(t) - 6.27$$



Gráfica 25 Tiempo - Resistencia de penetración HE-24-0.40

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 3.859 * \text{Log}(t) - 6.271$$

$$t = 211 \text{ min} = 3 \text{ hrs } 31 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 3.859 * \text{Log}(t) - 6.271$$

$$t = 362 \text{ min} = 6 \text{ hrs } 2 \text{ min}$$

**b) Diseño de mezcla HE-24-0.38**

*Tabla 61 Características del ensayo HE-24-0.38*

Hora de contacto agua cemento		08:55 am			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
11:47	1	78	23.5	26.9	27%
12:17	2	122	23.9	26.5	28%
12:43	3	134	24.7	27.5	25%
13:18	4	146	25.4	26.2	27%
13:28	5	90	26	26.1	23%
14:18	6	126	26.9	28.3	39%

*Tabla 62 Cálculos del ensayo HE-24-0.38*

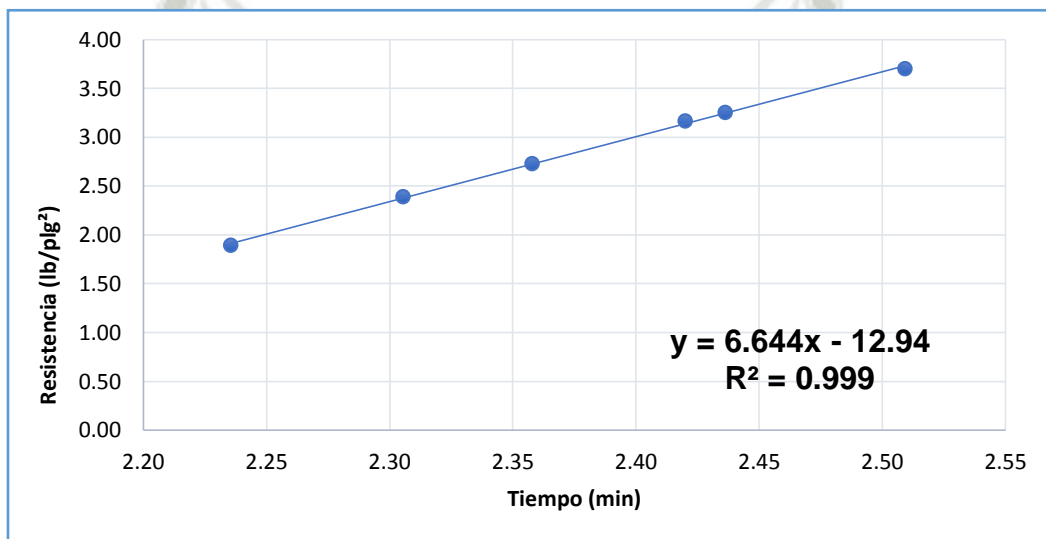
Carga ( <i>lbf</i> )	Área ( <i>plg<sup>2</sup></i> )	Esfuerzo ( <i>lbf/plg<sup>2</sup></i> )	Tiempo ( <i>min</i> )	$\log(t)$	$\log(\sigma_p)$	$\log(\sigma_p * \log t)$	$\log(t^2)$
78	1.00	104.0	172	2.24	1.89	4.23	5.00
122	0.50	388.0	202	2.31	2.39	5.50	5.31
134	0.25	568.0	228	2.36	2.73	6.44	5.56
146	0.10	1160.0	263	2.42	3.16	7.66	5.86
90	0.05	2000.0	273	2.44	3.26	7.93	5.93
126	0.03	6160.0	323	2.51	3.70	9.29	6.30
Sumatorias				14.3	17.1	41.00	34.0

$$a_0 = \frac{(6 * 41) - (14.3 * 17.1)}{(6 * 34) - (14.3)^2} = 6.64$$

$$a_1 = \frac{(14.3 * 41) - (17.1 * 34)}{(6 * 34) - (14.3)^2} = -12.94$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 6.64 * \text{Log}(t) - 12.94$$



Gráfica 26 Tiempo - Resistencia de penetración HE-24-0.38

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 6.64 * \text{Log}(t) - 12.94$$

$$t = 226 \text{ min} = 3 \text{ hrs } 47 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

- $\text{Log}(4000) = 6.64 * \text{Log}(t) - 12.9$

$$t = 271 \text{ min} = 5 \text{ hrs } 10 \text{ min } 9$$

**c) Diseño de mezcla HE-24-0.35**

*Tabla 63 Características del ensayo HE-24-0.35*

Hora de contacto agua cemento		11:10			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
13:34	1	104	25.5	26.3	21%
14:20	2	194	25.3	28.3	39%
14:21	3	142	25.2	28.3	37%
14:59	4	116	25.9	27.4	25%
15:17	5	100	26.1	27.3	30%
15:46	6	154	26.6	27.1	31%

*Tabla 64 Cálculos del ensayo HE-24-0.35*

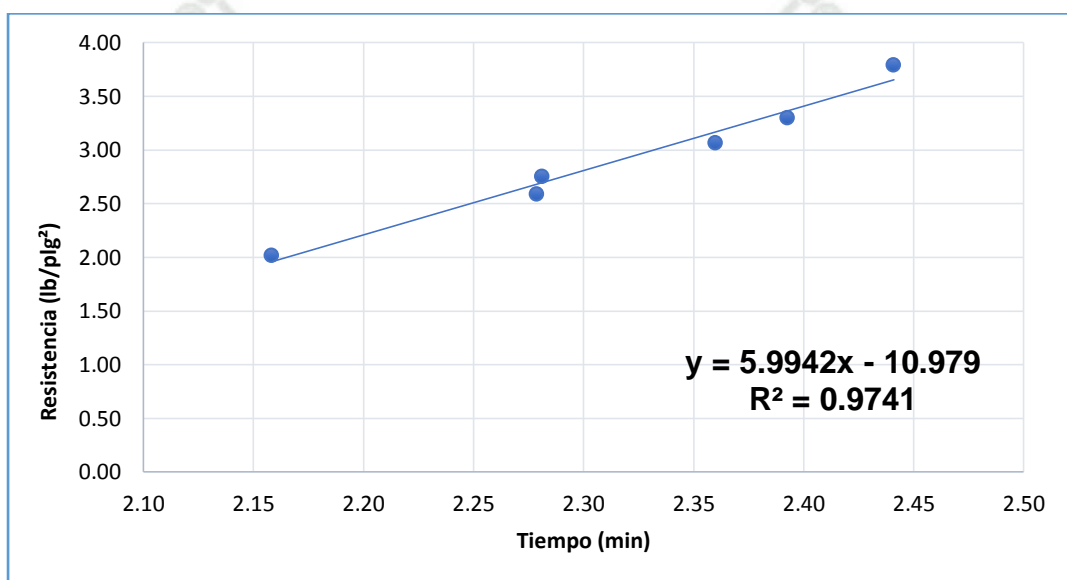
Carga ( <i>lbf</i> )	Área ( <i>plg<sup>2</sup></i> )	Esfuerzo ( <i>lbf/plg<sup>2</sup></i> )	Tiempo ( <i>min</i> )	$\log(t)$	$\log(\sigma_p)$	$\log(\sigma_p * \log t)$	$\log(t^2)$
104	1.00	104.0	144	2.16	2.02	4.35	4.66
194	0.50	388.0	190	2.28	2.59	5.90	5.19
142	0.25	568.0	191	2.28	2.75	6.28	5.20
116	0.10	1160.0	229	2.36	3.06	7.23	5.57
100	0.05	2000.0	247	2.39	3.30	7.90	5.72
154	0.03	6160.0	276	2.44	3.79	9.25	5.96
Sumatorias				13.9	17.5	40.9	32.3

$$a_0 = \frac{(6 * 40.9) - (13.9 * 17.5)}{(6 * 32.3) - (13.9)^2} = 5.994$$

$$a_1 = \frac{(17.5 * 32.3) - (13.9 * 40.9)}{(6 * 32.3) - (13.9)^2} = -10.979$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 5.994 * \text{Log}(t) - 10.979$$



Gráfica 27 Tiempo - Resistencia de penetración HE-24-0.35

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 5.994 * \text{Log}(t) - 10.979$$

$$t = 191 \text{ min} = 3 \text{ hrs } 11 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 5.994 * \text{Log}(t) - 10.979$$

$$t = 271 \text{ min} = 4 \text{ hrs } 31 \text{ min}$$

## CEMENTO YURA TIPO HE A 12 HORAS

### a) Diseño de mezcla HE-12-0.26

Tabla 65 Características del ensayo HE-12-0.26

Hora de contacto agua cemento		7:10 am			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
10:30	1	185	24.4	25.8	20%
10:48	2	122	24.6	25.9	20%
11:09	3	152	25.8	26.7	21%
11:29	4	104	26.5	27.1	21%
11:50	5	108	27.5	26.4	21%
12:24	6	162	27.5	26	21%

Tabla 66 Cálculos del ensayo HE-12-0.26

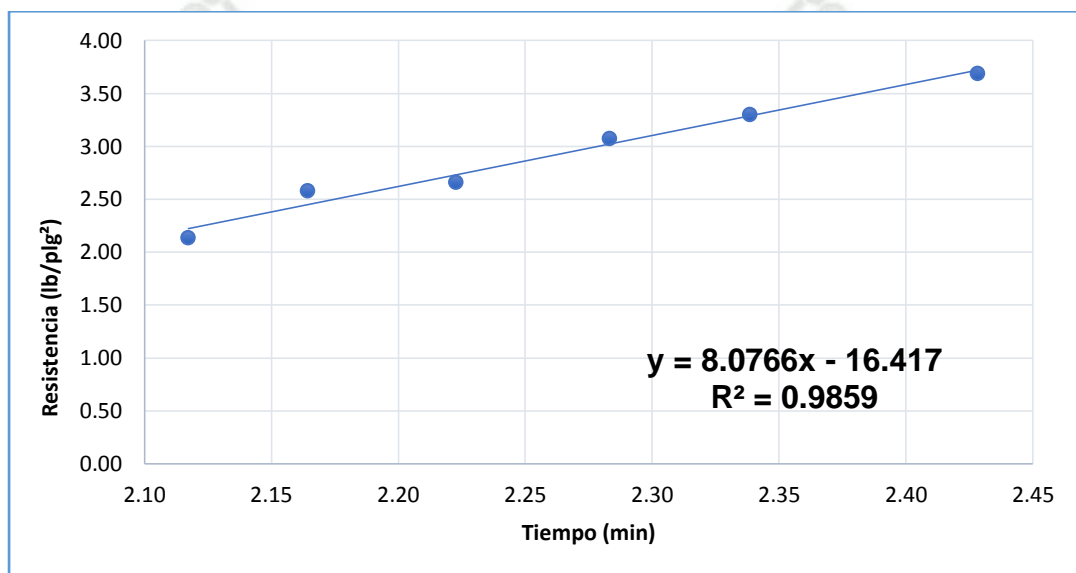
Carga ( <i>lbf</i> )	Área ( <i>plg</i> <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( <i>lbf/plg</i> <sup>2</sup> )	Tiempo ( <i>min</i> )	$\log(t)$	$\log(\sigma p)$	$\log(\sigma p * \log t)$	$\log(t^2)$
185	1.00	185.0	166	2.30	2.27	5.22	5.29
122	0.50	244.0	193	2.34	2.39	5.58	5.47
152	0.25	608.0	195	2.38	2.78	6.62	5.66
104	0.10	1040.0	262	2.41	3.02	7.28	5.82
108	0.05	2160.0	330	2.45	3.33	8.16	5.99
162	0.03	6480.0	364	2.50	3.81	9.52	6.23
Sumatorias				14.4	17.6	42.4	34.5

$$a_0 = \frac{(6 * 42.4) - (14.4 * 17.6)}{(6 * 42.4) - (14.4)^2} = 8.076$$

$$a_1 = \frac{(14.4 * 42.4) - (17.6 * 34.5)}{(6 * 14.4) - (14.4)^2} = -16.41$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 8.076 * \text{Log}(t) - 16.41$$



Gráfica 28 Tiempo - Resistencia de penetración HE-12-0.26

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 8.076 * \text{Log}(t) - 16.417$$

$$t = 233 \text{ min} = 3 \text{ hrs } 53 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 8.076 * \text{Log}(t) - 16.417$$

$$t = 302 \text{ min} = 5 \text{ hrs } 2 \text{ min}$$

## CEMENTO YURA TIPO HE A 8 HORAS

### b) Diseño de mezcla HE-08-0.25

Tabla 67 Características del ensayo HE-08-0.25

Hora de contacto agua cemento		9:34 am			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
11:45	1	90	27.2	26.9	20%
12:00	2	200	27.4	27.2	21%
12:21	3	120	27.5	27.7	21%
12:46	4	140	27.8	27.5	20%
13:10	5	148	28.9	26.7	22%
13:25	6	126	29.5	26.7	22%

Tabla 68 Cálculos del ensayo HE-08-0.25

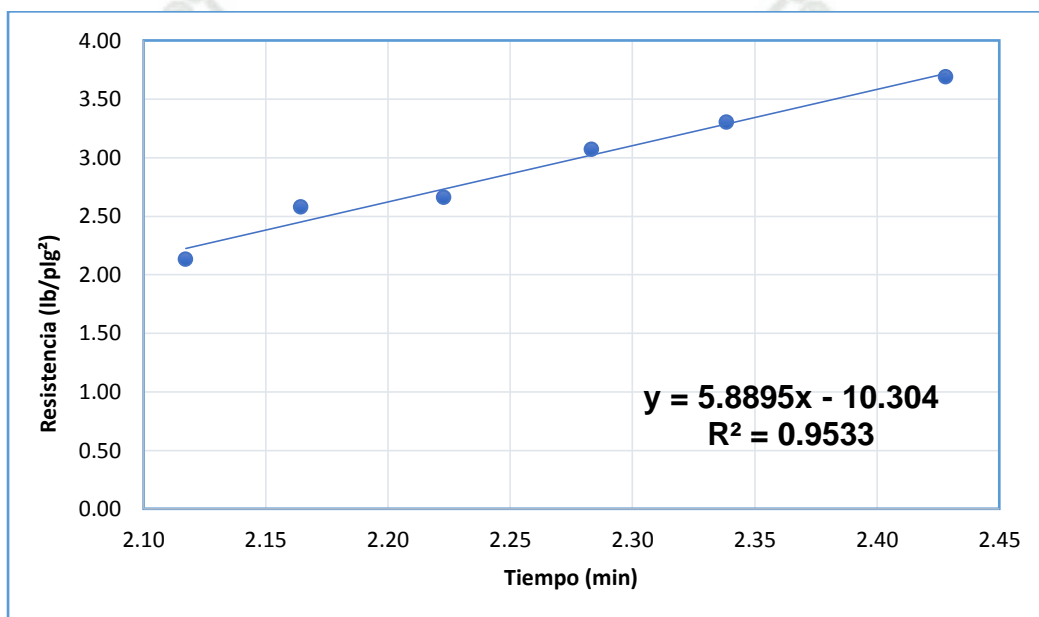
Carga ( <i>lbf</i> )	Área ( <i>plg</i> <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( <i>lbf/plg</i> <sup>2</sup> )	Tiempo ( <i>min</i> )	$\log(t)$	$\log(\sigma p)$	$\log(\sigma p * \log t)$	$\log(t^2)$
131	1.00	185.0	131	2.27	4.80	4.48	2.12
146	0.50	244.0	146	2.39	5.17	4.68	2.16
167	0.25	608.0	167	2.78	6.19	4.94	2.22
192	0.10	1040.0	192	3.02	6.89	5.21	2.28
216	0.05	2160.0	218	3.33	7.78	5.45	2.33
231	0.03	6480.0	233	3.81	9.01	5.59	2.36
Sumatorias				13.5	17.6	39.8	30.4

$$a_0 = \frac{(6 * 39.8) - (14.4 * 17.6)}{(6 * 39.8) - (13.5)^2} = 5.889$$

$$a_1 = \frac{(13.5 * 39.8) - (17.6 * 30.4)}{(6 * 39.8) - (13.5)^2} = -10.30$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 5.889 * \text{Log}(t) - 10.30$$



Gráfica 29 Tiempo - Resistencia de penetración HE-08-0.25

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 5.889 * \text{Log}(t) - 10.30$$

$$t = 161 \text{ min} = 2 \text{ hrs } 41 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 5.889 * \text{Log}(t) - 10.30$$

$$t = 229 \text{ min} = 3 \text{ hrs } 49 \text{ min}$$

## CEMENTO YURA TIPO IP A 24 HORAS

### a) Diseño de mezcla IP-24-0.30

Tabla 69 Características del ensayo IP-24-0.30

Hora de contacto agua cemento		9:34 am			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
14:00	1	136	23.4	26.5	25%
14:15	2	190	23.9	28.5	30%
14:40	3	114	24.3	28.7	37%
15:10	4	118	24.8	27.4	21%
15:25	5	100	25.2	27.6	30%
16:15	6	122	25.9	27.8	27%

Tabla 70 Cálculos del ensayo IP-24-0.30

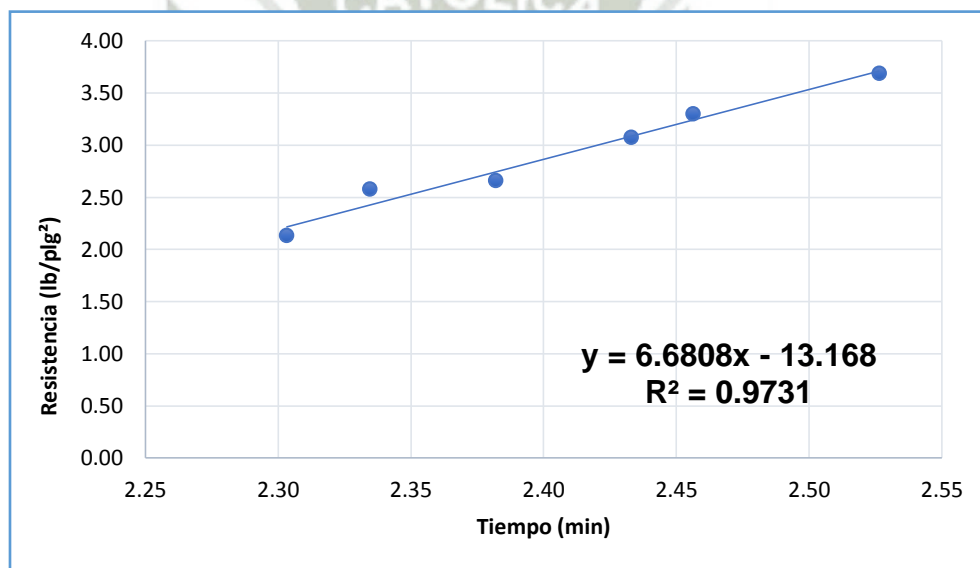
Carga ( <i>lbf</i> )	Área ( <i>plg</i> <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( <i>lbf/plg</i> <sup>2</sup> )	Tiempo ( <i>min</i> )	log log ( <i>t</i> )	log ( <i>σp</i> )	log ( <i>σp</i> * log <i>t</i> )	log( <i>t</i> <sup>2</sup> )
201	1.00	136.0	201	2.13	4.91	5.30	2.30
216	0.50	380.0	216	2.58	6.02	5.45	2.33
241	0.25	456.0	241	2.66	6.33	5.67	2.38
271	0.10	1180.0	271	3.07	7.47	5.92	2.43
286	0.05	2000.0	286	3.30	8.11	6.03	2.46
336	0.03	4880.0	336	3.69	9.32	6.38	2.53
Sumatorias				14.4	17.4	42.2	34.8

$$a_0 = \frac{(6 * 42.2) - (14.4 * 17.4)}{(6 * 42.2) - (14.4)^2} = 6.680$$

$$a_1 = \frac{(14.4 * 42.2) - (17.4 * 34.8)}{(6 * 42.2) - (14.4)^2} = -13.16$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 6.680 * \text{Log}(t) - 13.26$$



Gráfica 30 Tiempo - Resistencia de penetración IP-24-0.30

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 6.680 * \text{Log}(t) - 13.26$$

$$t = 245 \text{ min} = 4 \text{ hrs } 5 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 6.680 * \text{Log}(t) - 13.26$$

$$t = 334 \text{ min} = 5 \text{ hrs } 34 \text{ min}$$

## CEMENTO YURA TIPO I A 24 HORAS

### d) Diseño de mezcla I-24-0.35

Tabla 71 Características del ensayo I-24-0.33

Hora de contacto agua cemento		12:16			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
14:35	1	126	25.5	26.3	21%
14:50	2	194	25.3	28.3	39%
15:21	3	145	25.2	28.3	37%
15:54	4	129	25.9	27.4	25%
16:13	5	120	26.1	27.3	30%
16:47	6	154	26.6	27.1	31%

Tabla 72 Cálculos del ensayo I-24-0.33

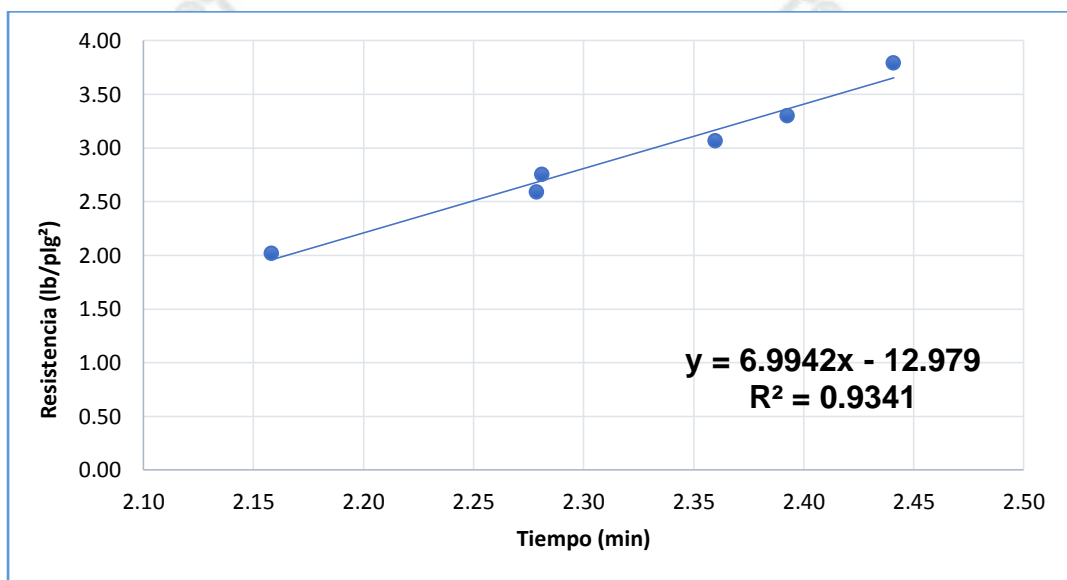
Carga (lbf)	Área (plg <sup>2</sup> )	Esfuerzo (lbf/plg <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	log (t)	log (σ <sub>p</sub> )	log (σ <sub>p</sub> * log t)	log (t <sup>2</sup> )
126	1.00	104.0	144	2.36	2.02	4.35	4.66
194	0.50	388.0	190	2.68	2.59	5.90	5.19
145	0.25	568.0	192	2.98	2.75	6.28	5.20
129	0.10	1160.0	230	2.36	3.86	7.23	5.57
120	0.05	2000.0	248	2.79	3.30	7.90	5.72
154	0.03	6160.0	276	2.54	3.89	9.25	5.96
Sumatorias				14.2	15.5	42.8	34.7

$$a_0 = \frac{(6 * 42.8) - (14.2 * 15.5)}{(6 * 32.3) - (15.5)^2} = 6.994$$

$$a_1 = \frac{(17.5 * 34.7) - (13.9 * 42.8)}{(6 * 34.7) - (14.2)^2} = -12.979$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 6.994 * \text{Log}(t) - 12.979$$



Gráfica 31 Tiempo - Resistencia de penetración I-24-0.33

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 6.994 * \text{Log}(t) - 12.979$$

$$t = 185 \text{ min} = 3 \text{ hrs } 05 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 6.994 * \text{Log}(t) - 12.979$$

$$t = 345 \text{ min} = 5 \text{ hrs } 45 \text{ min}$$

## CEMENTO YURA TIPO I A 12 HORAS

### e) Diseño de mezcla I-12-0.25

Tabla 73 Características del ensayo I-12-0.25

Hora de contacto agua cemento		6:50 am			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
10:34	1	108	24.4	25.8	20%
10:48	2	127	24.6	26.9	20%
11:29	3	172	25.8	26.8	20%
11:49	4	164	26.5	25.1	21%
12:10	5	148	27.5	26.5	21%
12:54	6	122	27.5	24.9	21%

Tabla 74 Cálculos del ensayo I-12-0.25

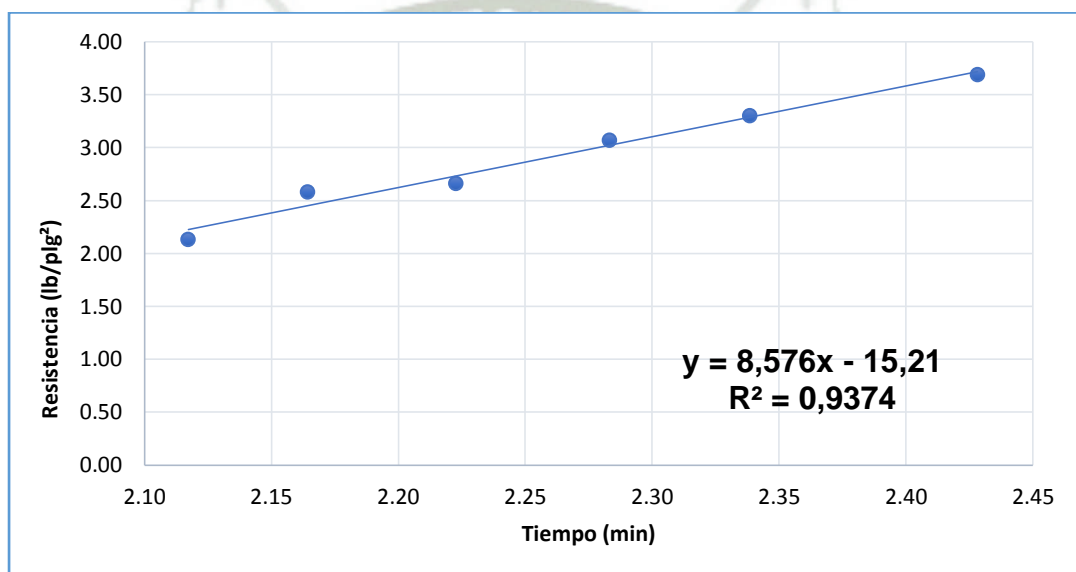
Carga ( <i>lbf</i> )	Área ( <i>plg</i> <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( <i>lbf/plg</i> <sup>2</sup> )	Tiempo ( <i>min</i> )	$\log(t)$	$\log(\sigma p)$	$\log(\sigma p * \log t)$	$\log(t^2)$
108	1.00	185.0	166	2.30	2.27	5.22	5.29
127	0.50	244.0	193	2.34	2.39	5.58	5.47
172	0.25	608.0	195	2.38	2.78	6.62	5.66
164	0.10	1040.0	262	2.41	3.02	7.28	5.82
148	0.05	2160.0	330	2.45	3.33	8.16	5.99
122	0.03	6480.0	364	2.50	3.81	9.52	6.23
Sumatorias				13.4	15.6	45.2	32.5

$$a_0 = \frac{(6 * 45.2) - (13.4 * 15.6)}{(6 * 45.2) - (13.4)^2} = 8.576$$

$$a_1 = \frac{(13.4 * 42.4) - (15.6 * 32.5)}{(6 * 13.4) - (13.4)^2} = -15.21$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 8.576 * \text{Log}(t) - 15.21$$



Gráfica 32 Tiempo - Resistencia de penetración I-12-0.25

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 8.576 * \text{Log}(t) - 15.21$$

$$t = 175 \text{ min} = 3 \text{ hrs } 15 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 8.576 * \text{Log}(t) - 15.21$$

$$t = 248 \text{ min} = 4 \text{ hrs } 48 \text{ min}$$

## CEMENTO YURA TIPO I A 8 HORAS

### f) Diseño de mezcla I-08-0.24

Tabla 75 Características del ensayo I-08-0.24

Hora de contacto agua cemento		7:34 am			
Hora	Aguja	Carga	T°C	TA	HR
9:44	1	120	24.2	23.9	20%
10:07	2	198	25.4	25.2	212%
10:23	3	124	25.5	24.7	21%
10:45	4	134	24.8	27.5	21%
12:18	5	144	26.9	25.7	21%
12:25	6	126	25.5	25.7	22%

Tabla 76 Cálculos del ensayo HE-08-0.25

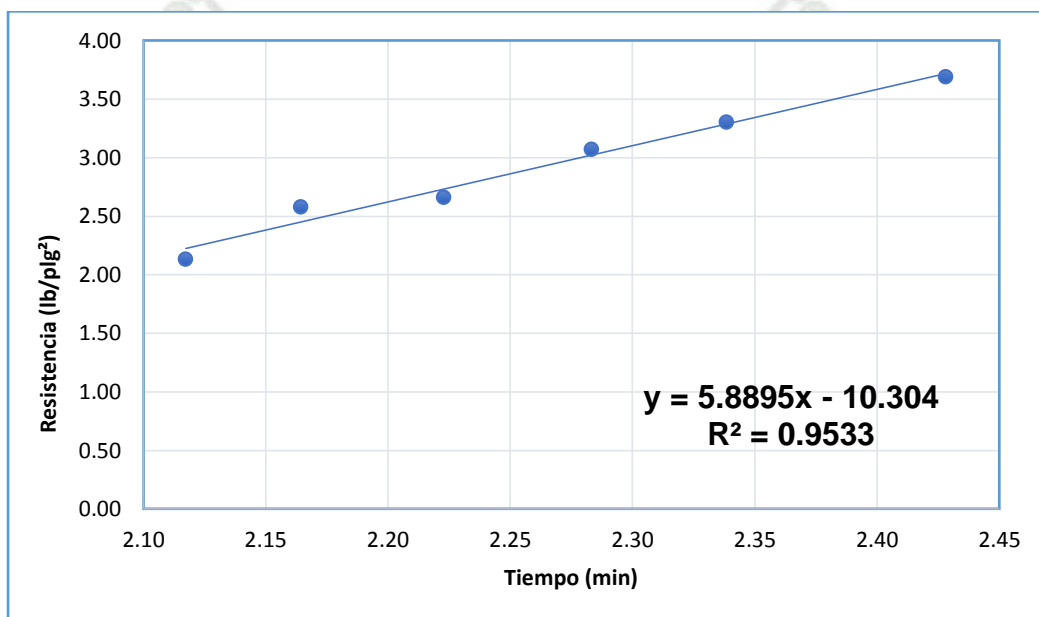
Carga ( <i>lbf</i> )	Área ( <i>plg</i> <sup>2</sup> )	Esfuerzo ( <i>lbf/plg</i> <sup>2</sup> )	Tiempo ( <i>min</i> )	$\log(t)$	$\log(\sigma p)$	$\log(\sigma p * \log t)$	$\log(t^2)$
120	1.00	185.0	131	2.27	4.80	4.48	2.12
198	0.50	258.0	146	2.39	5.17	4.78	2.16
124	0.25	678.0	187	2.78	6.19	4.94	2.72
134	0.10	1040.0	192	3.02	6.89	5.41	2.28
144	0.05	2170.0	228	3.33	7.78	5.55	2.73
126	0.03	6420.0	253	3.81	9.01	5.79	2.56
Sumatorias				15.5	18.6	40.8	32.4

$$a_0 = \frac{(6 * 40.8) - (15.5 * 18.6)}{(6 * 40.8) - (15.5)^2} = 6.789$$

$$a_1 = \frac{(15.5 * 40.8) - (18.6 * 32.4)}{(6 * 40.8) - (15.5)^2} = -12.60$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 6.789 * \text{Log}(t) - 12.60$$



Gráfica 33 Tiempo - Resistencia de penetración HE-08-0.25

Reemplazando en la ecuación:

- Tiempo inicial de fraguado:

$$\text{Log}(500) = 6.789 * \text{Log}(t) - 12.60$$

$$t = 171 \text{ min} = 2 \text{ hrs } 51 \text{ min}$$

- Tiempo final de fraguado:

$$\text{Log}(4000) = 6.789 * \text{Log}(t) - 12.60$$

$$t = 186 \text{ min} = 2 \text{ hrs } 56 \text{ min}$$

## RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE TIEMPO DE FRAGUA

Tabla 77 Resumen de resultados ensayo de fragua

Tipo de cemento	Edad	a/c	Tiempo Inicial de Fragua	Tiempo final de Fragua	Duración de fragua
<b>HE</b>	24 horas	0.40	3 hrs 31 min	6hrs 2min	2hrs 39 min
		0.38	3 hrs 47 min	5hrs 1min	1hr 23 min
		0.35	3 hrs 11 min	4hrs31min	1hr 20min
	12 horas	0.26	3 hrs 51 min	5hrs 2min	1hr 9min
	08 horas	0.25	2 hrs 41 min	3hrs 4min	1hr 8min
<b>IP</b>	24 horas	0.30	4 hrs 5 min	5hrs 34min	1hr 29min
<b>IP+ Ultraval</b>		0.40	3 hrs 32 min	5hrs 12min	1hr 20 min
<b>TIPO I</b>	24 horas	0.33	3 hrs 05 min	5hrs 45min	2hrs 40 min
	12 horas	0.25	3 hrs15 min	4hrs 48min	1hr 33min
	08 horas	0.24	2 hrs 33 min	2 hrs 56min	1hr 23min

Comparando los diseños a edad de 8,12 y 24 horas con los diferentes tipos de cemento, se deduce que a medida que el concreto contenga más cantidad de cemento y que cuanto la relación a/c sea más baja se reduce el tiempo de fraguado.

La duración del tiempo de fraguado es directamente proporcional a la relación a/c, debido que las relación agua-cemento más bajas tuvieron menor tiempo de fraguado inicial.

## 4. 2. ENSAYOS DE LABORATORIO DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

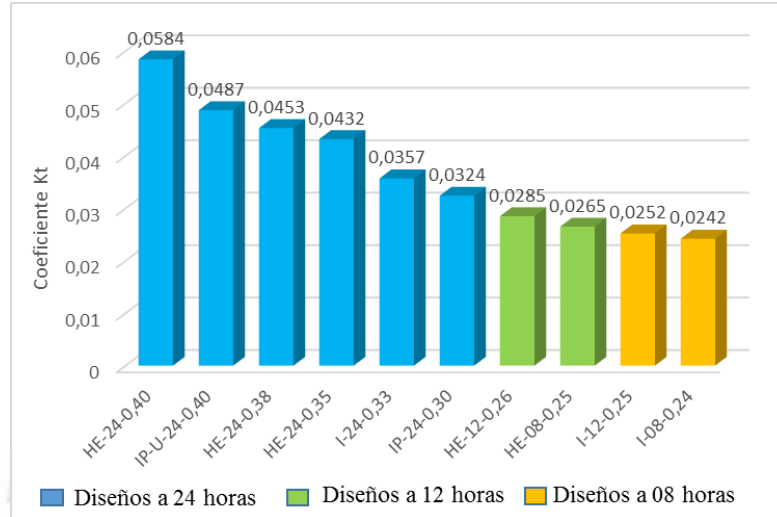
### 4.2.1. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

#### 4.2.1.1. PERMEABILIDAD AL AIRE DE TORRENT

Para nuestra investigación se consideró un prisma de sección transversal cuadra de 15 cm y longitud de 25 cm.

*Tabla 78 Resumen de Permeabilidad de Torrent*

<b>Tipo de cemento</b>	<b>a/c</b>	<b>Edad</b>	<b>Permeabilidad al aire de Torrent kt</b>	<b>Clasificación de la permeabilidad en función a kt</b>
HE	0.40	24 horas	0.0584	Baja
	0.38	24 horas	0.0453	Baja
	0.35	24 horas	0.0432	Baja
	0.26	12 horas	0.0285	Baja
	0.25	8 horas	0.0265	Baja
IP	0.30	24 horas	0.0324	Baja
IP+Ultraval	0.40	24 horas	0.0432	Baja
TIPO I	0.33	24 horas	0.0357	Baja
	0.25	12 horas	0.0252	Baja
	0.24	8 horas	0.0242	Baja



Gráfica 34 Resumen de Permeabilímetro de Torrent.

Comparando los diez diseños de mezclas, se observa que la relaciones a/c del concreto es directamente proporcional a la permeabilidad, debido a las bajas relaciones a/c todos los diseños tienen permeabilidad baja.

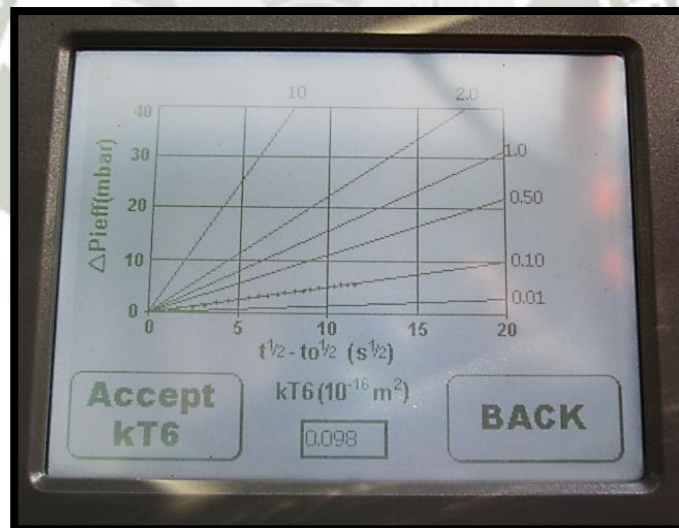


Ilustración 47 Grafica del Permeabilímetro de Torrent.

#### 4.2.1.2. ENSAYO DE VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO

Para hacer la medición de las velocidades de pulso ultrasónico se utilizó la técnica de la medición directa, porque esta medición es la que tiene más precisión en las lecturas de las velocidades.

El equipo que se utilizó es de lectura directa y nos da como resultado final la velocidad de pulso en m/s.

Para tener más precisión en las lecturas se registró como mínimo 5 lecturas, las cuales fueron al centro de las superficies circulares de las probetas.

Es importante tener en cuenta que las caras de las probetas de concreto deben estar lo más lisas y niveladas posibles para que no haya error en los datos obtenidos por el equipo.

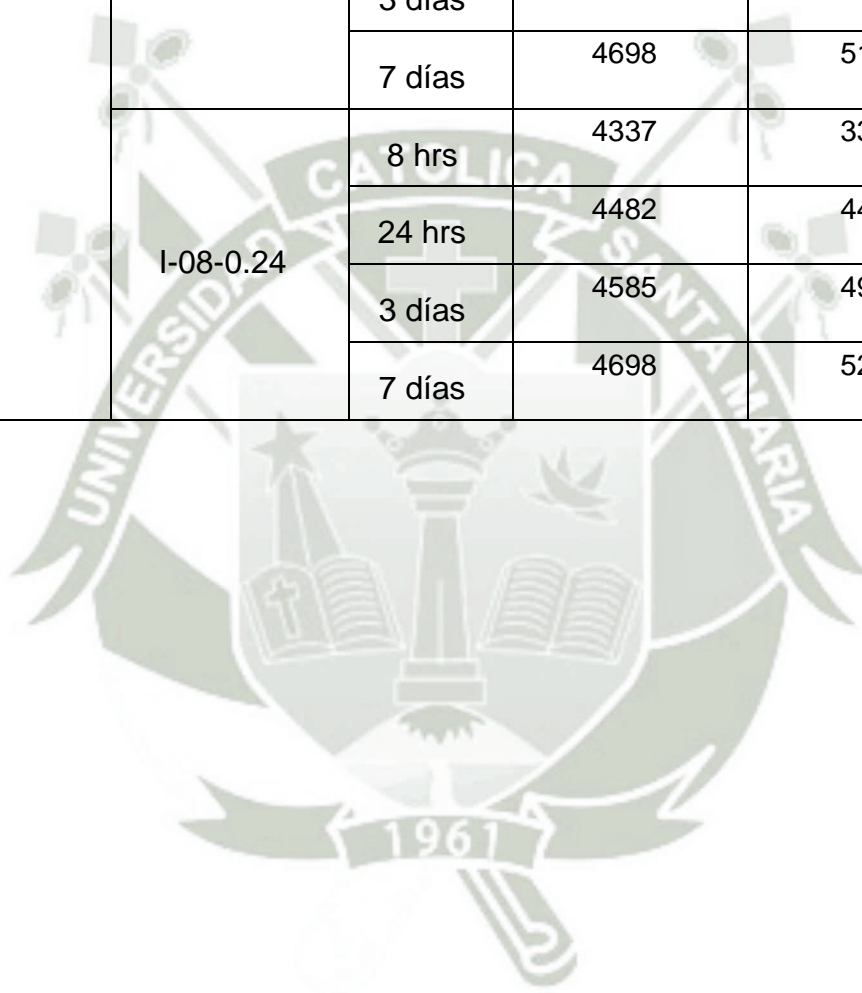
#### RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE ULTRASONIDO

*Tabla 79 Resumen de Resultados ensayo de Ultrasonido*

Tipo de cemento	Código	Edad	Velocidad de pulso promedio (kΩcm)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
HE	HE-24-0.40	21 hrs	4149	296
		24 hrs	4239	325
		3 días	4467	412
		7 días	4623	456
	HE-24-0.38	21 hrs	4145	288
		24 hrs	4278	329
		3 días	4467	408

		7 días	4613	453
	HE-24-0.35	21 hrs	4265	387
		24 hrs	4299	384
		3 días	4548	426
		7 días	4712	465
		HE-12-0.26	12 hrs	4286
	24 hrs		4367	395
	3 días		4585	450
	7 días		4676	496
	HE-08-0.25	8 hrs	4356	330
		24 hrs	4482	423
		3 días	4578	487
		7 días	4687	517
IP	IP-24-0.30	21 hrs	4036	285
		24 hrs	4275	315
		3 días	4628	453
		7 días	4552	485
	IP-U-24-0.30	21 hrs	4170	386
		24 hrs	4285	324
		3 días	4446	433
		7 días	4615	478
TIPO I	I-24-0.33	21 hrs	4138	298

		24 hrs	4229	321
		3 días	4596	438
		7 días	4657	470
	I-12-0.25	12 hrs	4268	325
		24 hrs	4487	385
		3 días	4615	455
		7 días	4698	510
	I-08-0.24	8 hrs	4337	338
		24 hrs	4482	440
		3 días	4585	498
		7 días	4698	525



En base a los datos obtenidos en el laboratorio, se realizó una regresión cúbica con cálculos manuales realizados en Excel obteniendo la siguiente expresión:

Código	Velocidad de pulso (kΩcm) <b>(x)</b>	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> ) <b>(y)</b>	$x^2$	$x^3$	$x^4$	$x * y$	$x^5$	$x^2 * y$	$x^6$	$x^3 * y$	$y^2$
HE-24-0.40	4149	296	1,72E+07	7,14E+10	2,96E+14	1,23E+06	1,23E+18	5,10E+09	5,10E+21	2,11E+13	8,76E+04
	4239	325	1,80E+07	7,62E+10	3,23E+14	1,38E+06	1,37E+18	5,84E+09	5,80E+21	2,48E+13	1,06E+05
	4467	412	2,00E+07	8,91E+10	3,98E+14	1,84E+06	1,78E+18	8,22E+09	7,95E+21	3,67E+13	1,70E+05
	4623	456	2,14E+07	9,88E+10	4,57E+14	2,11E+06	2,11E+18	9,75E+09	9,76E+21	4,51E+13	2,08E+05
HE-24-0.38	4145	288	1,72E+07	7,12E+10	2,95E+14	1,19E+06	1,22E+18	4,95E+09	5,07E+21	2,05E+13	8,29E+04
	4278	329	1,83E+07	7,83E+10	3,35E+14	1,41E+06	1,43E+18	6,02E+09	6,13E+21	2,58E+13	1,08E+05
	4467	408	2,00E+07	8,91E+10	3,98E+14	1,82E+06	1,78E+18	8,14E+09	7,95E+21	3,64E+13	1,66E+05
	4613	453	2,13E+07	9,82E+10	4,53E+14	2,09E+06	2,09E+18	9,64E+09	9,64E+21	4,45E+13	2,05E+05
HE-24-0.35	4265	387	1,82E+07	7,76E+10	3,31E+14	1,65E+06	1,41E+18	7,04E+09	6,02E+21	3,00E+13	1,50E+05
	4299	384	1,85E+07	7,95E+10	3,42E+14	1,65E+06	1,47E+18	7,10E+09	6,31E+21	3,05E+13	1,47E+05
	4548	426	2,07E+07	9,41E+10	4,28E+14	1,94E+06	1,95E+18	8,81E+09	8,85E+21	4,01E+13	1,81E+05

	4712	465	2,22E+07	1,05E+11	4,93E+14	2,19E+06	2,32E+18	1,03E+10	1,09E+22	4,86E+13	2,16E+05
HE-12-0.26	4286	320	1,84E+07	7,87E+10	3,37E+14	1,37E+06	1,45E+18	5,88E+09	6,20E+21	2,52E+13	1,02E+05
	4367	395	1,91E+07	8,33E+10	3,64E+14	1,72E+06	1,59E+18	7,53E+09	6,94E+21	3,29E+13	1,56E+05
	4585	450	2,10E+07	9,64E+10	4,42E+14	2,06E+06	2,03E+18	9,46E+09	9,29E+21	4,34E+13	2,03E+05
	4676	496	2,19E+07	1,02E+11	4,78E+14	2,32E+06	2,24E+18	1,08E+10	1,05E+22	5,07E+13	2,46E+05
HE-08-0.25	4356	330	1,90E+07	8,27E+10	3,60E+14	1,44E+06	1,57E+18	6,26E+09	6,83E+21	2,73E+13	1,09E+05
	4482	423	2,01E+07	9,00E+10	4,04E+14	1,90E+06	1,81E+18	8,50E+09	8,11E+21	3,81E+13	1,79E+05
	4578	487	2,10E+07	9,59E+10	4,39E+14	2,23E+06	2,01E+18	1,02E+10	9,21E+21	4,67E+13	2,37E+05
	4687	517	2,20E+07	1,03E+11	4,83E+14	2,42E+06	2,26E+18	1,14E+10	1,06E+22	5,32E+13	2,67E+05
IP-24-0.30	4036	285	1,63E+07	6,57E+10	2,65E+14	1,15E+06	1,07E+18	4,64E+09	4,32E+21	1,87E+13	8,12E+04
	4275	315	1,83E+07	7,81E+10	3,34E+14	1,35E+06	1,43E+18	5,76E+09	6,10E+21	2,46E+13	9,92E+04
	4628	453	2,14E+07	9,91E+10	4,59E+14	2,10E+06	2,12E+18	9,70E+09	9,83E+21	4,49E+13	2,05E+05
	4552	485	2,07E+07	9,43E+10	4,29E+14	2,21E+06	1,95E+18	1,00E+10	8,90E+21	4,57E+13	2,35E+05
IP-U-24-0.30	4170	386	1,74E+07	7,25E+10	3,02E+14	1,61E+06	1,26E+18	6,71E+09	5,26E+21	2,80E+13	1,49E+05
	4285	324	1,84E+07	7,87E+10	3,37E+14	1,39E+06	1,44E+18	5,95E+09	6,19E+21	2,55E+13	1,05E+05
	4446	433	1,98E+07	8,79E+10	3,91E+14	1,93E+06	1,74E+18	8,56E+09	7,72E+21	3,81E+13	1,87E+05
	4615	478	2,13E+07	9,83E+10	4,54E+14	2,21E+06	2,09E+18	1,02E+10	9,66E+21	4,70E+13	2,28E+05
I-24-0.33	4138	298	1,71E+07	7,09E+10	2,93E+14	1,23E+06	1,21E+18	5,10E+09	5,02E+21	2,11E+13	8,88E+04

	4229	321	1,79E+07	7,56E+10	3,20E+14	1,36E+06	1,35E+18	5,74E+09	5,72E+21	2,43E+13	1,03E+05
	4596	438	2,11E+07	9,71E+10	4,46E+14	2,01E+06	2,05E+18	9,25E+09	9,42E+21	4,25E+13	1,92E+05
	4657	470	2,17E+07	1,01E+11	4,70E+14	2,19E+06	2,19E+18	1,02E+10	1,02E+22	4,75E+13	2,21E+05
I-12-0.25	4268	325	1,82E+07	7,77E+10	3,32E+14	1,39E+06	1,42E+18	5,92E+09	6,04E+21	2,53E+13	1,06E+05
	4487	385	2,01E+07	9,03E+10	4,05E+14	1,73E+06	1,82E+18	7,75E+09	8,16E+21	3,48E+13	1,48E+05
	4615	455	2,13E+07	9,83E+10	4,54E+14	2,10E+06	2,09E+18	9,69E+09	9,66E+21	4,47E+13	2,07E+05
	4698	510	2,21E+07	1,04E+11	4,87E+14	2,40E+06	2,29E+18	1,13E+10	1,08E+22	5,29E+13	2,60E+05
I-08-0.24	4337	338	1,88E+07	8,16E+10	3,54E+14	1,47E+06	1,53E+18	6,36E+09	6,65E+21	2,76E+13	1,14E+05
	4482	440	2,01E+07	9,00E+10	4,04E+14	1,97E+06	1,81E+18	8,84E+09	8,11E+21	3,96E+13	1,94E+05
	4585	498	2,10E+07	9,64E+10	4,42E+14	2,28E+06	2,03E+18	1,05E+10	9,29E+21	4,80E+13	2,48E+05
	4698	525	2,21E+07	1,04E+11	4,87E+14	2,47E+06	2,29E+18	1,16E+10	1,08E+22	5,44E+13	2,76E+05
Sumatoria		1,62E+04	7,90E+08	3,52E+12	1,57E+16	7,25E+07	7,03E+19	3,25E+11	3,15E+23	1,46E+15	6,78E+06

Se procede a colocar los datos formando cuatro ecuaciones, donde  $m$  es el número de variables que se tomaron en cuenta, en la presente investigación se seleccionaron 40 datos para la regresión cúbica, las cuales se resolvieron en la calculadora HP 50G, utilizando el programa Solve.

- $(m * a) + (\sum x * b) + (\sum x^2 * c) + (\sum x^3 * d) = \sum y$
- $(\sum x * a) + (\sum x^2 * b) + (\sum x^3 * c) + (\sum x^4 * d) = \sum xy$
- $(\sum x^2 * a) + (\sum x^3 * b) + (\sum x^4 * c) + (\sum x^5 * d) = \sum x^2y$
- $(\sum x^3 * a) + (\sum x^4 * b) + (\sum x^5 * c) + (\sum x^6 * d) = \sum x^3y$

Reemplazando los valores se obtienen las siguientes ecuaciones, las cuales se resolvieron en la calculadora HP 50G, utilizando el programa Solve.

- $(40 * a) + (1,78 * 10^5 * b) + (7,90 * 10^8 * c) + (3,52 * 10^{12} * d) = 1,62 * 10^4$
- $(1,78 * 10^5 * a) + (7,90 * 10^8 * b) + (3,52 * 10^{12} * c) + (1,57 * 10^{16} * d) = 7,25 * 10^7$
- $(7,90 * 10^8 * a) + (3,52 * 10^{12} * b) + (1,57 * 10^{16} * c) + (7,03 * 10^{19} * d) = 3,25 * 10^{11}$
- $(3,52 * 10^{12} * a) + (1,57 * 10^{16} * b) + (7,03 * 10^{19} * c) + (3,15 * 10^{23} * d) = 1,46 * 10^{15}$

Se obtuvieron los siguientes resultados

$$a = 23,31$$

$$b = -17,37$$

$$c = 6,29 * 10^{-5}$$

$$d = -1,06 * 10^{-9}$$

$$F'c \text{ (estimada)} = d * (V)^3 + c * (V)^2 + b * (V) + a$$

Hallamos el  $r$  de la expresión mediante a siguiente fórmula, donde  $m$  es el número de datos que se seleccionaron para la regresión.

$$R^2 = \frac{m(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{40(\sum x^2) - (\sum x)^2} * \sqrt{m(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Reemplazando tenemos la siguiente expresión:

$$R^2 = \frac{40(7,25 * 10^7) - (1,78 * 10^5)(1,62 * 10^4)}{\sqrt{40(7,90 * 10^8) - (1,78 * 10^5)^2} * \sqrt{40(6,78 * 10^6) - (1,62 * 10^4)^2}}$$

Se obtuvo la siguiente expresión:

$$F'c \text{ (estimada)} = -1,05 * 10^{-9} * (V)^3 + 6,29 * 10^{-5} * (V)^2 - 1,73 * 10^{-1} * (V) + 23,31_{[1]}$$

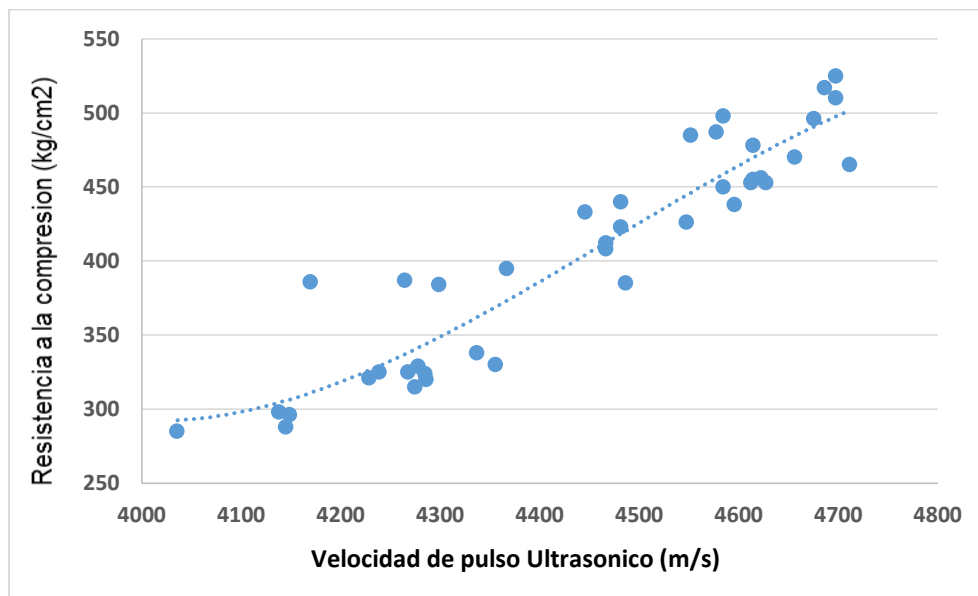
$$R^2 = 0,93$$

*Tabla 80 Resumen del ensayo de velocidad de pulso ultrasónico, resistencia a la compresión real, resistencia a la compresión estimada y porcentaje residual*

Código	Edad	Velocidad de pulso promedio (kΩcm)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión estimada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje residual
HE-24-0.40	21 hrs	4149	296	311	-5%
	24 hrs	4239	325	337	-4%
	3 días	4467	412	409	1%
	7 días	4623	456	461	-1%
HE-24-0.38	21 hrs	4145	288	309	-7%
	24 hrs	4278	329	349	-6%
	3 días	4467	408	409	0%
	7 días	4613	453	458	-1%
HE-24-0.35	21 hrs	4265	387	345	11%
	24 hrs	4299	384	356	7%
	3 días	4548	426	436	-2%
	7 días	4712	465	492	-6%
HE-12-0.26	12 hrs	4286	320	352	-10%

	24 hrs	4367	395	377	5%
	3 días	4585	450	448	0%
	7 días	4676	496	479	3%
HE-08-0.25	8 hrs	4356	330	374	<b>-13%</b>
	24 hrs	4482	423	414	2%
	3 días	4578	487	446	8%
	7 días	4687	517	483	7%
IP-24-0.30	21 hrs	4036	285	278	2%
	24 hrs	4275	315	348	-11%
	3 días	4628	453	463	-2%
	7 días	4552	485	437	10%
IP-U-24-0.30	21 hrs	4170	386	380	2%
	24 hrs	4285	324	352	-8%
	3 días	4446	433	402	7%
	7 días	4615	478	458	4%
I-24-0.33	21 hrs	4138	298	307	-3%
	24 hrs	4229	321	334	-4%
	3 días	4596	438	452	-3%
	7 días	4657	470	473	-1%
I-12-0.25	12 hrs	4268	325	346	-7%
	24 hrs	4487	385	416	-8%
	3 días	4615	455	458	-1%
	7 días	4698	510	487	5%
I-08-0.24	8 hrs	4337	338	368	-9%
	24 hrs	4482	440	414	6%
	3 días	4585	498	448	10%
	7 días	4698	525	487	7%

A menor relación agua cemento se obtiene una mayor velocidad de pulso ultrasónico, además se compara los datos obtenidos mediante la fórmula obtenida a base de los datos a través de una regresión cúbica. Se puede observar que la resistencia real de compresión y la resistencia estimada tiene un error alrededor de +/-13%.



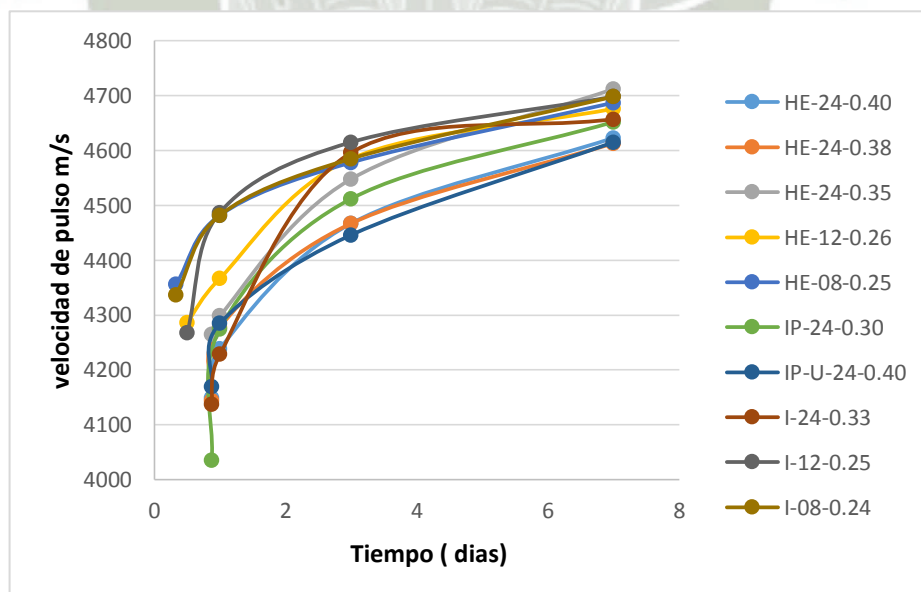
Gráfica 35 Resumen de ensayo de ultrasonido fórmula cúbica

Tabla 81 Resultados de Calidad del Concreto

Código del diseño de Mezcla	Edad	Calidad del concreto	
		Clasificación según Leslie y Cheesman	Clasificación según Agraval
HE-24-0.40	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Buena	Buena
	7 días	Excelente	Buena

HE-24-0.38	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Buena	Buena
	7 días	Excelente	Buena
HE-24-0.35	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Excelente	Buena
	7 días	Excelente	Buena
HE-12-0.26	12 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Excelente	Buena
	7 días	Excelente	Buena
HE-08-0.25	8 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Excelente	Buena
	7 días	Excelente	Buena
IP-24-0.30	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Buena	Buena
IP-U-24-0.30	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Buena	Buena

	7 días	Excelente	Buena
I-24-0.33	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Buena	Buena
	7 días	Excelente	Buena
I-12-0.25	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Excelente	Buena
	7 días	Excelente	Buena
I-08-0.24	21 hrs	Buena	Buena
	24 hrs	Buena	Buena
	3 días	Excelente	Buena
	7 días	Excelente	Buena



Gráfica 36 Resumen de Ensayo de Ultrasonido

#### 4.2.1.3. ENSAYO DE NÚMERO DE REBOTES

En la presente investigación se ha realizado la lectura del número de rebotes de manera vertical a la superficie circular de la probeta.

Para tener más precisión en las lecturas se registró como mínimo 7 lecturas, las cuales se descartaron las que tenían la diferencia más de 6 unidades.

*Tabla 82 Resumen de Resultados ensayo de Número de Rebotes*

Código	Edad	Número de Rebotes	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
HE-24-0.40	21 hrs	30,6	296
	24 hrs	31,6	325
	3 días	35,2	412
	7 días	38,4	456
HE-24-0.38	21 hrs	30,1	288
	24 hrs	32,7	329
	3 días	39,2	408
	7 días	41,3	453
HE-24-0.35	21 hrs	37,7	387
	24 hrs	38,3	384
	3 días	38,8	426
	7 días	42,6	465
HE-12-0.26	12 hrs	30,4	320
	24 hrs	35,4	395
	3 días	40,2	450
	7 días	42,3	496
	8 hrs	30,4	330

HE-08-0.25	24 hrs	37,6	423
	3 días	40,8	487
	7 días	42,5	517
IP-24-0.30	21 hrs	27,6	285
	24 hrs	30,1	315
	3 días	35,2	453
	7 días	38,4	485
IP-U-24-0.30	21 hrs	33,1	386
	24 hrs	35,6	324
	3 días	38,3	433
	7 días	40,2	478
I-24-0.33	21 hrs	32,7	298
	24 hrs	35,9	321
	3 días	35,2	438
	7 días	38,4	470
I-12-0.25	12 hrs	38,1	325
	24 hrs	35,7	385
	3 días	35,4	455
	7 días	40,2	510
I-08-0.24	8 hrs	42,3	338
	24 hrs	35,2	440
	3 días	42,6	498
	7 días	45,8	525

En base a los datos obtenidos en el laboratorio, se realizó una regresión lineal con cálculos manuales realizados en Excel obteniendo la siguiente expresión:

Tabla 83 Regresión lineal del ensayo de Número de Rebotes

Código	Numero de Rebotes (x)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> ) (y)	log(x)	log(y)	log(x * y)	log(x <sup>2</sup> )
HE-24-0.40	30,6	296	1,49	2,47	3,67	2,21
	31,6	325	1,50	2,51	3,77	2,25
	35,2	412	1,55	2,61	4,04	2,39
	38,4	456	1,58	2,66	4,21	2,51
HE-24-0.38	30,1	288	1,48	2,46	3,64	2,19
	32,7	329	1,51	2,52	3,81	2,29
	39,2	408	1,59	2,61	4,16	2,54
	41,3	453	1,62	2,66	4,29	2,61
HE-24-0.35	37,7	387	1,58	2,59	4,08	2,48
	38,3	384	1,58	2,58	4,09	2,51
	38,8	426	1,59	2,63	4,18	2,52
	42,6	465	1,63	2,67	4,35	2,65
HE-12-0.26	30,4	320	1,48	2,51	3,71	2,20
	35,4	395	1,55	2,60	4,02	2,40
	40,2	450	1,60	2,65	4,26	2,57
	42,3	496	1,63	2,70	4,38	2,64
HE-08-0.25	30,4	330	1,48	2,52	3,73	2,20
	37,6	423	1,58	2,63	4,14	2,48
	40,8	487	1,61	2,69	4,33	2,59
	42,5	517	1,63	2,71	4,42	2,65
IP-24-0.30	27,6	285	1,44	2,45	3,54	2,08
	30,1	315	1,48	2,50	3,69	2,19
	35,2	453	1,55	2,66	4,11	2,39
	38,4	485	1,58	2,69	4,26	2,51
	33,1	386	1,52	2,59	3,93	2,31

IP-U-24- 0.30	35,6	324	1,55	2,51	3,89	2,41
	38,3	433	1,58	2,64	4,17	2,51
	40,23	478	1,60	2,68	4,30	2,57
I-24-0.33	32,7	298	1,51	2,47	3,75	2,29
	35,9	321	1,56	2,51	3,90	2,42
	35,2	438	1,55	2,64	4,09	2,39
	38,4	426	1,58	2,63	4,17	2,51
I-12-0.25	38,1	470	1,58	2,67	4,22	2,50
	35,7	325	1,55	2,51	3,90	2,41
	35,4	385	1,55	2,59	4,00	2,40
	40,2	455	1,60	2,66	4,26	2,57
I-08-0.24	42,3	510	1,63	2,71	4,40	2,64
	35,2	338	1,55	2,53	3,91	2,39
	42,6	440	1,63	2,64	4,31	2,65
	45,8	498	1,66	2,70	4,48	2,76
Sumatoria			64,2	106,7	167,1	100,6

Para hallar los coeficientes se utilizan la siguientes fórmulas, donde N es el número de datos seleccionados para la regresión lineal.

$$a_0 = \frac{N \sum(x * y) - \sum x * \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a_1 = \frac{\sum y * \sum x^2 - \sum x * \sum(x * y)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

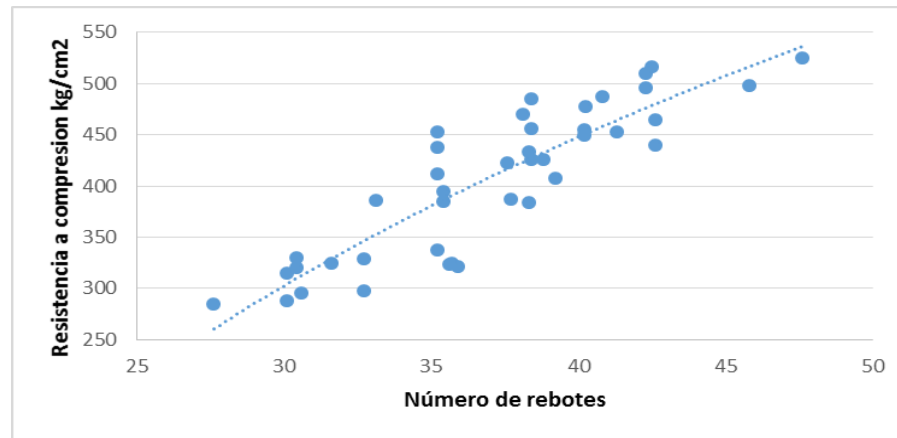
Se reemplazan los valores de la tabla para hallar los coeficientes de la ecuación estimada.

$$a_0 = \frac{(40 * 39.8) - (62.2 * 106.7)}{(40 * 100,6) - (62.2)^2} = 1.66$$

$$a_1 = \frac{(106.7 * 100.6) - (64.2 * 167.1)}{(40 * 100.6) - (64.2)^2} = -0,0015$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 1.66 * \text{Log}(x) - 0,0015$$



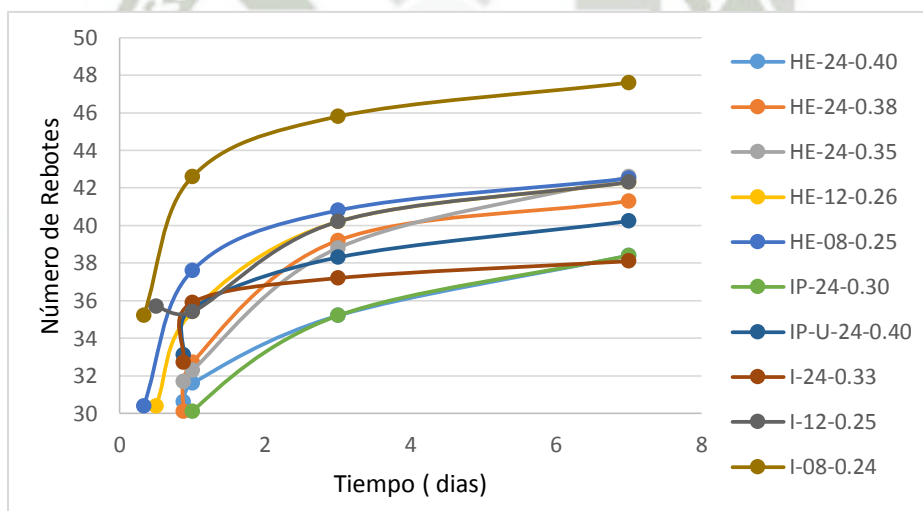
Gráfica 37 Resultados ensayo de Número de Rebotes-Resistencia a compresión

Tabla 84 Resumen del ensayo de número de rebotes, resistencia a la compresión real, resistencia a la compresión estimada y porcentaje residual

Código	Edad	Número de rebotes	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión estimada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje residual
HE-24-0.40	21 hrs	30,6	296	294	1%
	24 hrs	31,6	325	310	5%
	3 días	35,2	412	370	10%
	7 días	38,4	456	428	6%
HE-24-0.38	21 hrs	30,1	288	286	1%
	24 hrs	32,7	329	328	0%
	3 días	39,2	408	443	-9%

	7 días	41,3	453	483	-7%
HE-24-0.35	21 hrs	37,7	387	415	-7%
	24 hrs	38,3	384	426	-11%
	3 días	38,8	426	436	-2%
	7 días	42,6	465	509	-9%
HE-12-0.26	12 hrs	30,4	320	290	9%
	24 hrs	35,4	395	374	5%
	3 días	40,2	450	462	-3%
	7 días	42,3	496	503	-1%
HE-08-0.25	8 hrs	30,4	330	290	12%
	24 hrs	37,6	423	413	2%
	3 días	40,8	487	474	3%
	7 días	42,5	517	507	2%
IP-24-0.30	21 hrs	27,6	285	247	13%
	24 hrs	30,1	315	286	9%
	3 días	35,2	453	370	18%
	7 días	38,4	485	428	12%
IP-U-24-0.30	21 hrs	33,1	386	334	13%
	24 hrs	35,6	324	378	-17%
	3 días	38,3	433	426	2%
	7 días	40,23	478	463	3%
I-24-0.33	21 hrs	32,7	298	328	-10%
	24 hrs	35,9	321	383	<b>-19%</b>

	3 días	35,2	438	370	15%
	7 días	38,1	470	423	10%
I-12-0.25	12 hrs	35,7	325	379	-17%
	24 hrs	35,4	385	374	3%
	3 días	40,2	455	462	-2%
	7 días	42,3	510	503	1%
I-08-0.24	8 hrs	35,2	338	370	-10%
	24 hrs	42,6	440	509	-16%
	3 días	45,8	498	574	-15%
	7 días	47,6	525	612	-17%



Gráfica 38 Resultados ensayo de Tiempo -Número de Rebotes

En base a los datos obtenidos del ensayo de rebote, a través de una regresión lineal, se comparan los resultados de la resistencia real de compresión y la resistencia estimada tiene un error alrededor de +/-19%.

#### 4.2.1.4. ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE LONGITUD DEL MORTERO Y DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO ENDURECIDO

En la presente investigación, se hicieron las muestras con una sección transversal cuadrada de 100 mm (4 pulg) de lado y de longitud aproximada de 285 mm (11 ¼ pulg), las cuales fueron desencofradas a 24 horas y se sometieron a un curado de agua con cal durante media hora, luego se realizó la lectura inicial.

Durante los primeros 7 días el curado para los prismas se almacenaron en agua con una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , posteriormente se realizó la segunda lectura.

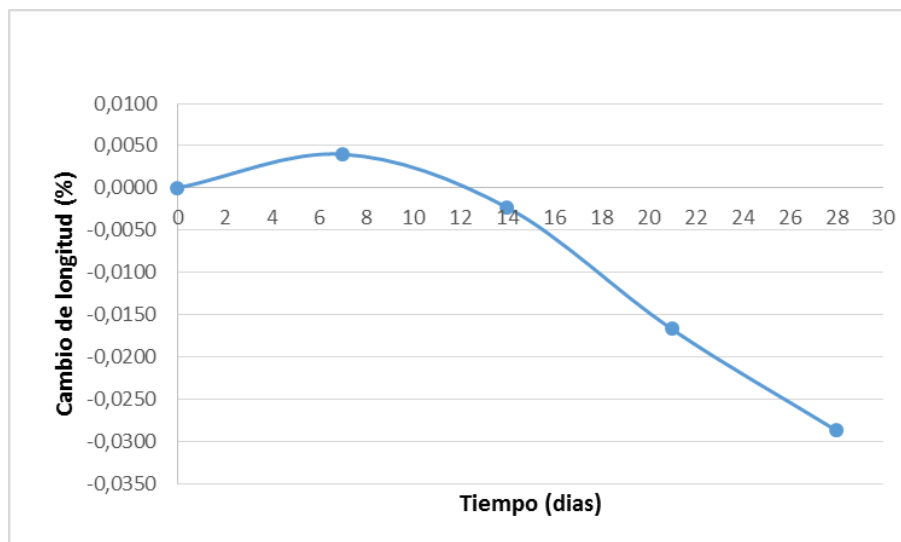
A partir de las siguientes lecturas los prismas se almacenaron en cámaras de secado, las cuales estuvieron en las condiciones controladas de temperatura y humedad que la norma específica.

##### **CEMENTO YURA TIPO HE A 24 HORAS**

##### **a) Diseño de mezcla HE-24-0.40**

*Tabla 85 Contracción – cambio de longitud HE-24-0.40*

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0,2445	0,0040
14	0,2422	-0,0023
21	0,2416	-0,0167
28	0,2401	-0,0287

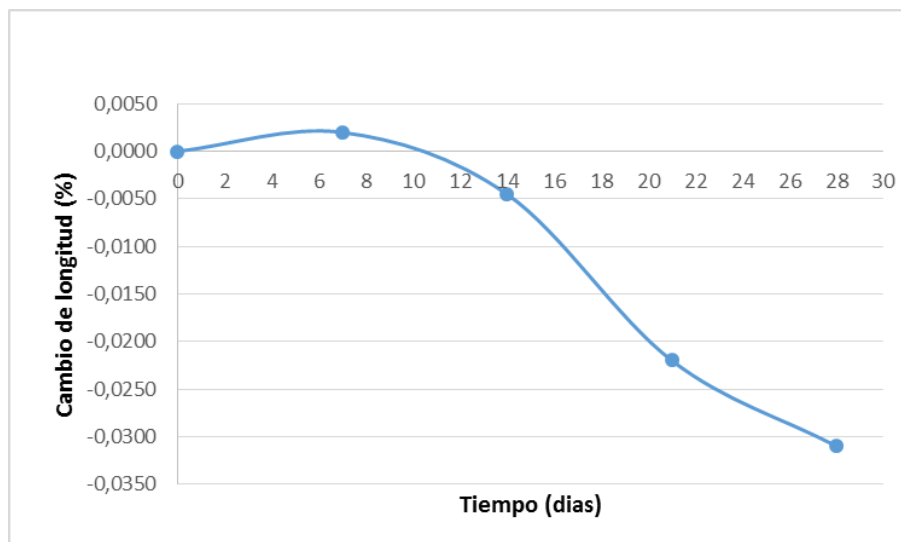


Gráfica 39 Tiempo – Cambio de longitud HE-24-0.40

**b) Diseño de mezcla HE-24-0.38**

Tabla 86 Contracción – cambio de longitud HE-24-0.38

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0.1583	0,002
14	0.1585	-0,0045
21	0.1578	-0,022
28	0.1569	-0,031

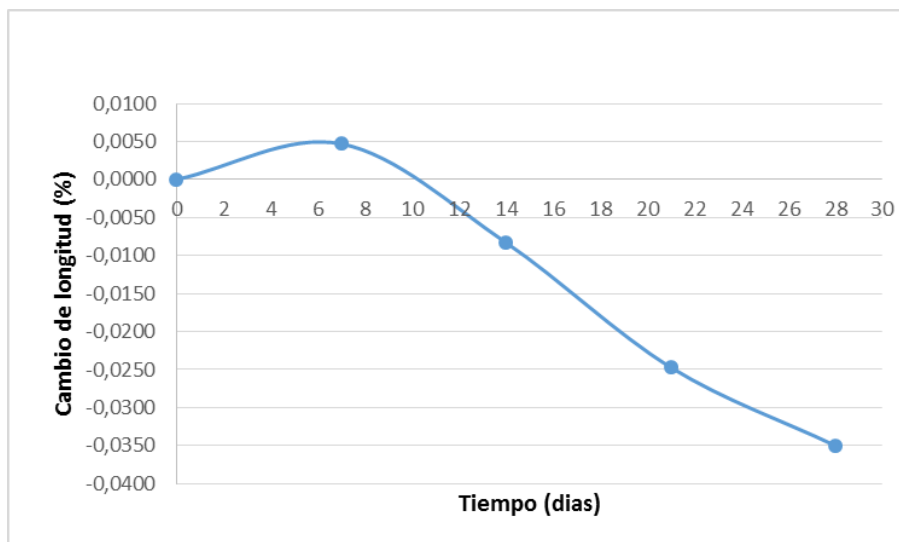


Gráfica 40 Tiempo – Cambio de longitud HE-24-0.38

**c) Diseño de mezcla HE-24-0.35**

Tabla 87 Contracción – cambio de longitud HE-24-0.35

Tiempo (Días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0.2440	0,0047
14	0.2445	-0,0083
21	0.2422	-0,0247
28	0.2416	-0,035



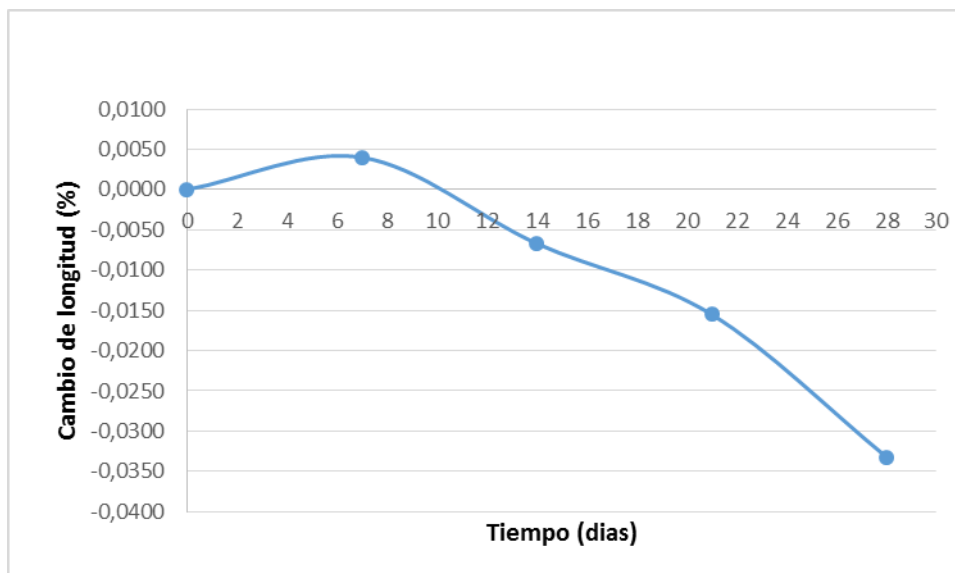
Gráfica 41 Tiempo – Cambio de longitud de HE-24-0.35

## CEMENTO YURA TIPO HE A 12 HORAS

### d) Diseño de mezcla HE-12-0.26

Tabla 88 Contracción – cambio de longitud HE-12-0.26

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0.1774	0,004
14	0.1786	-0,0067
21	0.1769	-0,0155
28	0.1757	-0,0332



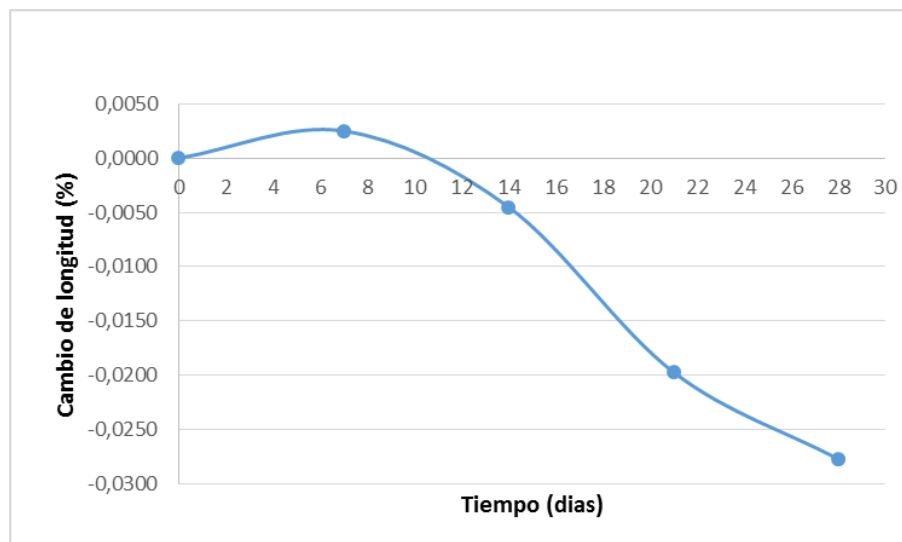
Gráfica 42 Tiempo – Cambio de longitud de HE-12-0.26

## CEMENTO YURA TIPO HE A 08 HORAS

### e) Diseño de mezcla HE-08-0.25

Tabla 89 Contracción – cambio de longitud HE-08-0.25

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0.1781	0,0025
14	0.1785	-0,0045
21	0.1774	-0,0197
28	0.1767	-0,0277



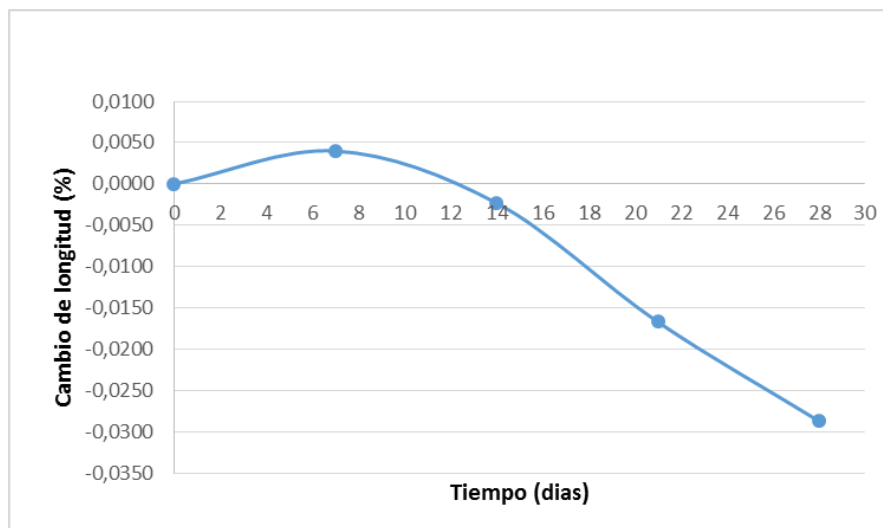
Gráfica 43 Tiempo – Cambio de longitud de HE-08-0.25

## CEMENTO YURA TIPO IP A 24 HORAS

### f) Diseño de mezcla IP-24-0.30

Tabla 90 Contracción – cambio de longitud IP-24-0.30

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0,2236	0,0017
14	0,2229	-0,0075
21	0,2218	-0,02
28	0,2209	-0,026

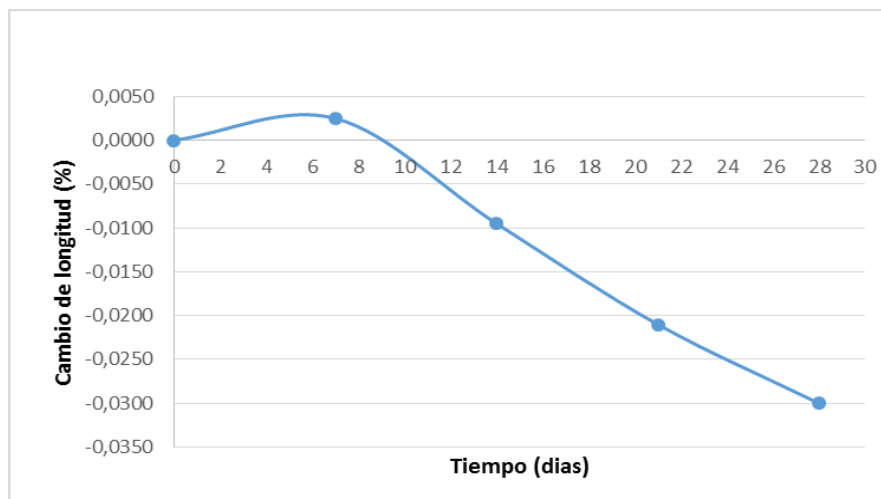


Gráfica 44 Tiempo – Cambio de longitud IP-24-0.30

**g) Diseño de mezcla IP-U-24-0.40**

Tabla 91 Contracción – cambio de longitud IP-U-24-0.40

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0.1583	0,002
14	0.1585	-0,0045
21	0.1578	-0,022
28	0.1569	-0,031



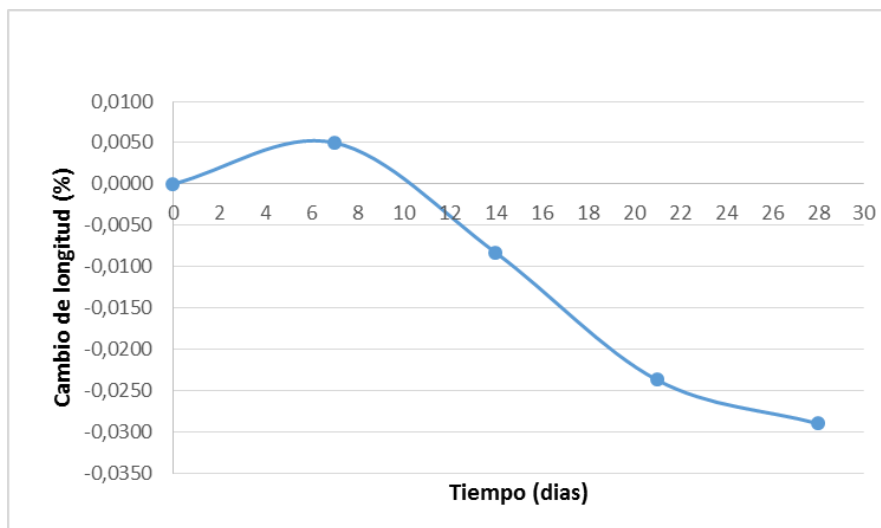
Gráfica 45 Tiempo – Cambio de longitud IP-U-24-0.40

## CEMENTO YURA TIPO I A 24 HORAS

### h) Diseño de mezcla I-24-0.33

Tabla 92 Contracción – cambio de longitud IP-24-0.33

Tiempo (Días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0,1587	0,0050
14	0,1569	-0,0083
21	0,1552	-0,0237
28	0,1545	-0,029



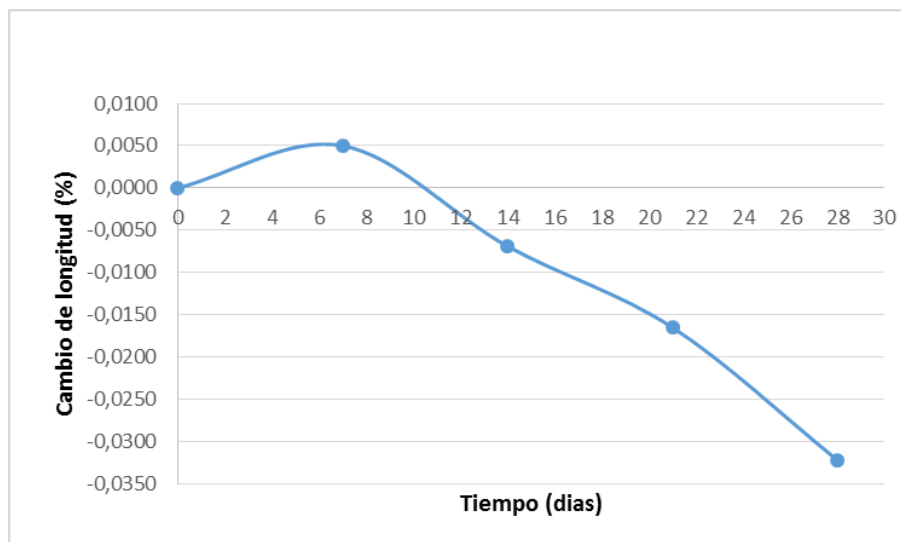
Gráfica 46 Tiempo – Cambio de longitud de I-24-0.33

## CEMENTO YURA TIPO I A 12 HORAS

### i) Diseño de mezcla I-12-0.25

Tabla 93 Contracción – cambio de longitud I-12-0.25

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0,1414	0,005
14	0,1418	-0,0069
21	0,1411	-0,0165
28	0,1397	-0,0322



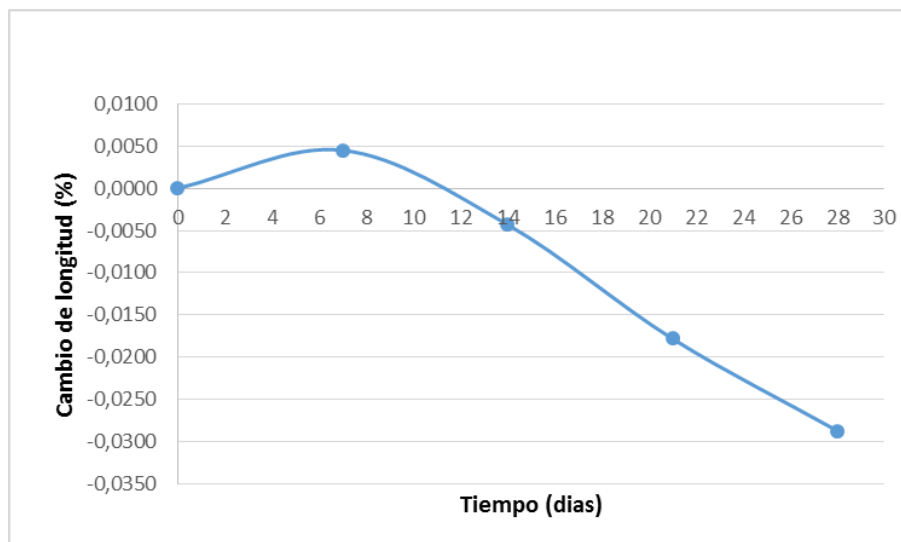
Gráfica 47 Tiempo – Cambio de longitud de I-12-0.25

## CEMENTO YURA TIPO I A 8 HORAS

### j) Diseño de mezcla I-08-0.24

Tabla 94 Contracción – cambio de longitud I-12-0.25

Tiempo (días)	Contracción (mm)	Cambio de longitud (%)
7	0,2234	0,0045
14	0,2236	-0,0043
21	0,2229	-0,0178
28	0,2218	-0,0287

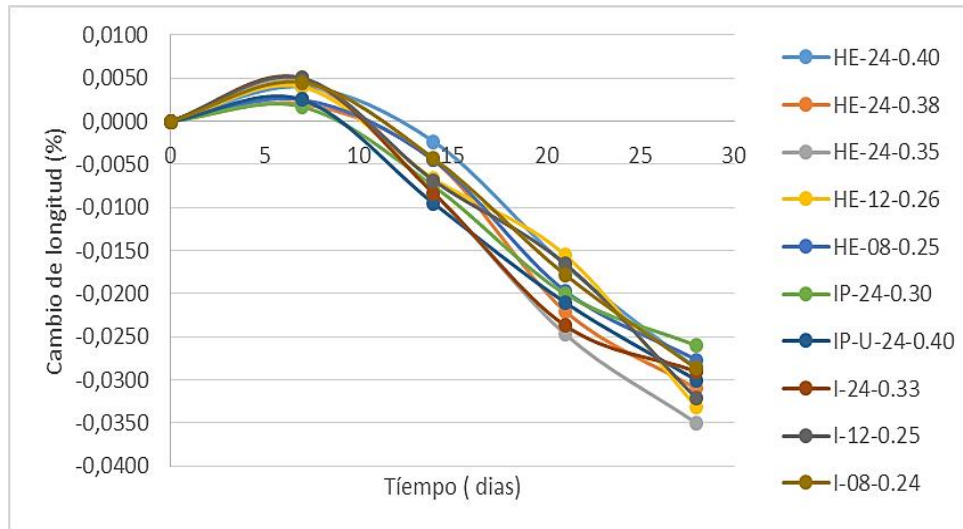


Gráfica 48 Tiempo – Cambio de longitud de I-12-0.25

## RESUMEN DEL ENSAYO DE CONTRACCION

Tabla 95 Resumen de ensayo de contracción.

Código	Cambio de longitud (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días
<b>HE-24-0.40</b>	0,0040	-0,0023	-0,0167	-0,0287
<b>HE-24-0.38</b>	0,0020	-0,0045	-0,0220	-0,0310
<b>HE-24-0.35</b>	0,0047	-0,0083	-0,0247	-0,0350
<b>HE-12-0.26</b>	0,0040	-0,0067	-0,0155	-0,0332
<b>HE-08-0.25</b>	0,0025	-0,0045	-0,0197	-0,0277
<b>IP-24-0.30</b>	0,0017	-0,0075	-0,0200	-0,0260
<b>IP-U-24-0.40</b>	0,0025	-0,0095	-0,0210	-0,0300
<b>I-24-0.33</b>	0,0050	-0,0083	-0,0237	-0,0290
<b>I-12-0.25</b>	0,0050	-0,0069	-0,0165	-0,0322
<b>I-08-0.24</b>	0,0045	-0,0043	-0,0178	-0,0287



Gráfica 49 Resumen de ensayo de contracción.

#### 4.2.1.5. ENSAYO DE RESISTIVIDAD

El presente ensayo permite obtener la probabilidad del concreto a la corrosión y la velocidad de corrosión, se realizó a los 28 días de edad como indica la norma, pero para tener una base de datos se tomaron antes de las rupturas, además que antes de las lecturas se humedeció la probeta con una franela.

Tabla 96 Regresión lineal del ensayo de Resistividad

Código	Edad	Valor ( $k\Omega cm$ )	Resistencia a la compresión promedio ( $Kg/cm^2$ )	$\log(x)$	$\log(y)$	$\log(xy)$	$\log(x^2)$
HE-24-0.40	21 hrs	4,1	296	0,54	2,47	0,30	161,04
	24 hrs	4,7	325	0,67	2,51	0,45	218,43

	3 días	7,3	412	0,86	2,61	0,75	355,69
	7 días	8,4	456	0,92	2,66	0,85	421,47
	28 días	32,7	690	1,53	2,84	2,33	1052,28
HE-24-0.38	21 hrs	4,2	288	0,51	2,46	0,26	145,48
	24 hrs	4,3	329	0,63	2,52	0,40	208,41
	3 días	7,5	408	0,88	2,61	0,77	357,02
	7 días	8,6	453	0,93	2,66	0,87	423,33
	28 días	30,3	634	1,51	2,80	2,28	956,83
HE-24-0.35	21 hrs	4,3	387	0,63	2,59	0,40	245,15
	24 hrs	4,5	384	0,65	2,58	0,43	250,83
	3 días	6,4	426	0,81	2,63	0,65	343,43
	7 días	9,1	465	0,96	2,67	0,92	445,95
	28 días	33,5	645	1,51	2,81	2,29	975,16
HE-12-0.26	12 hrs	4,1	320	0,61	2,51	0,38	196,09
	24 hrs	4,7	395	0,67	2,60	0,45	265,48
	3 días	7,4	450	0,87	2,65	0,76	391,15
	7 días	7,5	496	0,88	2,70	0,77	434,03
	28 días	34,7	771	1,54	2,89	2,37	1187,59
HE-08-0.25	8 hrs	4,2	330	0,62	2,52	0,39	205,67
	24 hrs	6,2	423	0,79	2,63	0,63	335,18
	3 días	7,3	487	0,86	2,69	0,75	420,44
	7 días	10,25	517	1,01	2,71	1,02	522,54
	28 días	33,2	673	1,52	2,83	2,31	1023,73

IP-24-0.30	21 hrs	4,2	285	0,62	2,45	0,39	177,63
	24 hrs	4,2	315	0,62	2,50	0,39	196,32
	3 días	6,3	453	0,80	2,66	0,64	362,10
	7 días	7,9	485	0,90	2,69	0,81	435,35
	28 días	33,1	667	1,52	2,82	2,31	1013,73
IP-U-24- 0.30	21 hrs	4	386	0,60	2,59	0,36	232,40
	24 hrs	4,2	324	0,62	2,51	0,39	201,93
	3 días	6,3	433	0,80	2,64	0,64	346,11
	7 días	9,9	478	1,00	2,68	0,99	475,91
	28 días	33,5	680	1,53	2,83	2,33	1037,03
I-24-0.33	21 hrs	3,7	298	0,57	2,47	0,32	169,32
	24 hrs	4,2	321	0,62	2,51	0,39	200,06
	3 días	4,8	438	0,68	2,64	0,46	298,38
	7 días	7,5	470	0,88	2,67	0,77	411,28
	28 días	31,9	649	1,50	2,81	2,26	975,96
I-12-0.25	12 hrs	4,1	325	0,61	2,51	0,38	199,15
	24 hrs	5,7	385	0,76	2,59	0,57	291,01
	3 días	6,3	455	0,80	2,66	0,64	363,70
	7 días	7,9	510	0,90	2,71	0,81	457,79
	28 días	30,1	768	1,53	2,89	2,35	1177,16
I-08-0.24	8 hrs	4,2	338	0,60	2,53	0,36	203,50
	24 hrs	4,9	440	0,66	2,64	0,44	291,61
	3 días	5,9	498	0,69	2,70	0,48	343,72

	7 días	7,3	525	0,86	2,72	0,75	453,24
	28 días	34,4	774	1,54	2,89	2,36	1189,30
Sumatoria total				45,1	132,4	46,3	23046,1

Se reemplazan los valores de la tabla para hallar los coeficientes de la ecuación estimada.

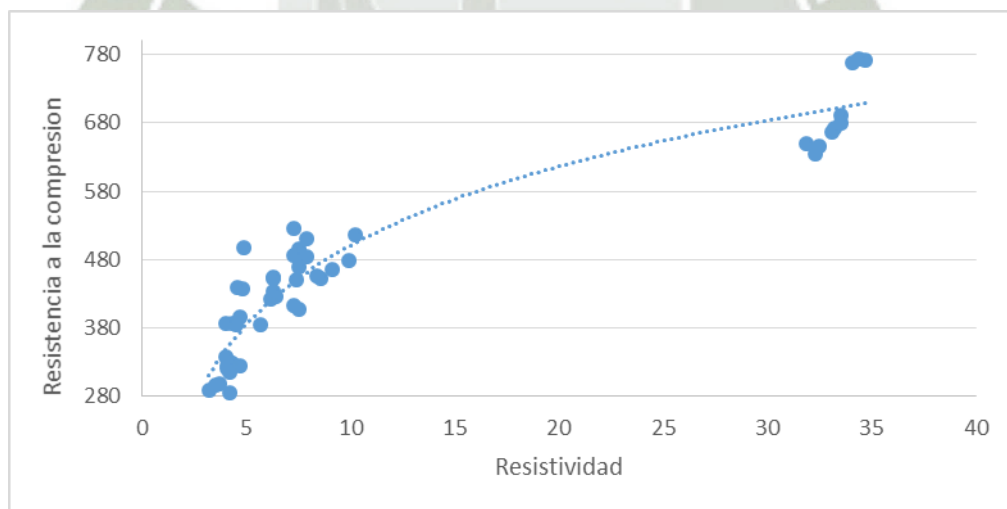
$$a_0 = \frac{(40 * 39.8) - (62.2 * 106.7)}{(40 * 100.6) - (62.2)^2} = 168.18$$

$$a_1 = \frac{(106.7 * 100.6) - (64.2 * 167.1)}{(40 * 100.6) - (23046.1)^2} = 114.18$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(rp) = 168.18 * \text{Log}(x) + 114.18$$

$$R^2 = 0.9028$$



Gráfica 50 Resultados ensayo de Resistividad-Resistencia a compresión

*Tabla 97 Resumen del ensayo de Resistividad, resistencia a la compresión real, resistencia a la compresión estimada y porcentaje residual.*

Código	Edad	Valor ( $k\Omega cm$ )	Resistencia a la compresión promedio ( $Kg/cm^2$ )	Resistencia a la compresión estimada ( $Kg/cm^2$ )	Porcentaje residual
HE-24-0.40	21 hrs	4,1	296	325	-10%
	24 hrs	4,7	325	374	-15%
	3 días	7,3	412	448	-9%
	7 días	8,4	456	472	-3%
	28 días	32,7	690	704	-2%
HE-24-0.38	21 hrs	4,2	288	310	-7%
	24 hrs	4,3	329	359	-9%
	3 días	7,5	408	453	-11%
	7 días	8,6	453	476	-5%
	28 días	30,3	634	698	-10%
HE-24-0.35	21 hrs	4,3	387	359	7%
	24 hrs	4,5	384	367	4%
	3 días	6,4	426	426	0%
	7 días	9,1	465	485	-4%
	28 días	33,5	645	699	-8%
HE-12-0.26	12 hrs	4,1	320	351	-10%
	24 hrs	4,7	395	374	5%
	3 días	7,4	450	450	0%
	7 días	7,5	496	453	9%

	28 días	33,7	771	710	8%
HE-08-0.25	8 hrs	4,2	330	355	-8%
	24 hrs	6,2	423	421	1%
	3 días	7,3	487	448	8%
	7 días	10,25	517	505	2%
	28 días	34,2	673	703	-4%
IP-24-0.30	21 hrs	4,2	285	355	-25%
	24 hrs	4,2	315	355	-13%
	3 días	6,3	453	423	7%
	7 días	7,9	485	461	5%
	28 días	33,1	667	702	-5%
IP-U-24-0.30	21 hrs	4	386	347	10%
	24 hrs	4,2	324	355	-10%
	3 días	6,3	433	423	2%
	7 días	9,9	478	499	-4%
	28 días	33,5	680	704	-4%
I-24-0.33	21 hrs	3,7	298	334	-12%
	24 hrs	4,2	321	355	-11%
	3 días	4,8	438	378	14%
	7 días	7,5	470	453	4%
	28 días	31,9	649	696	-7%
I-12-0.25	12 hrs	4,1	325	351	-8%
	24 hrs	5,7	385	407	-6%

	3 días	6,3	455	423	7%
	7 días	7,9	510	461	10%
	28 días	30,1	768	707	8%
I-08-0.24	8 hrs	4,2	338	347	-3%
	24 hrs	4,9	440	371	16%
	3 días	5,9	498	381	<b>23%</b>
	7 días	7,3	525	448	15%
	28 días	34,4	774	709	8%

En base a los datos obtenidos del ensayo de resistividad, a través de una regresión lineal, se comparan los resultados de la resistencia real de compresión y la resistencia estimada tiene un error alrededor de +/-23%.

El presente ensayo permite obtener la probabilidad del concreto a la corrosión y la velocidad de corrosión.

*Tabla 98 Resumen del ensayo de Resistividad.*

<b>Código de diseño</b>	<b>Resistividad (<math>k\Omega cm</math>)</b>	<b>Velocidad de posible corrosión de acero de refuerzo</b>
HE-24-0.40	32,7	Insignificante
HE-24-0.38	30,3	Insignificante
HE-24-0.35	33,5	Insignificante
HE-12-0.26	33,7	Insignificante
HE-08-0.25	34,2	Insignificante
IP-24-0.30	33,1	Insignificante
IP-U-24-0.40	33,5	Insignificante
I-24-0.33	31,9	Insignificante

I-12-0.25	30,1	Insignificante
I-08-0.24	34,4	Insignificante

La velocidad de posible corrosión de acero de refuerzo es insignificante para todos los diseños de mezclas, lo cual verifica que el concreto es de alta calidad.

#### 4.2.2. ENSAYOS DESTRUCTIVOS

##### 4.2.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para la presente investigación se usaron probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de largo, las probetas que se rompieron a 8,12 y 24 horas fueron curadas con mantas de fibra de vidrio, las demás fueron sumergidas en agua con cal según indica la norma.

*Tabla 99 Resistencia a compresión promedio*

Código	Edad	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
HE-24-0.40	21 hrs	296
	24 hrs	325
	3 días	412
	7 días	456
	28 días	690
HE-24-0.38	21 hrs	288

	24 hrs	329
	3 días	408
	7 días	453
	28 días	634
HE-24-0.35	21 hrs	387
	24 hrs	384
	3 días	426
	7 días	465
	28 días	645
HE-12-0.26	12 hrs	320
	24 hrs	395
	3 días	450
	7 días	496
	28 días	771
HE-08-0.25	8 hrs	330
	24 hrs	423
	3 días	487
	7 días	517
	28 días	673
IP-24-0.30	21 hrs	285
	24 hrs	315
	3 días	453
	7 días	485

	28 días	667
IP-U-24-0.30	21 hrs	386
	24 hrs	324
	3 días	433
	7 días	478
	28 días	680
	I-24-0.33	21 hrs
24 hrs		321
3 días		438
7 días		470
28 días		649
I-12-0.25		12 hrs
	24 hrs	385
	3 días	455
	7 días	510
	28 días	768
	I-08-0.24	8 hrs
24 hrs		440
3 días		498
7 días		525
28 días		774

Tabla 100 Resumen de resistencia a compresión

Tipo de cemento	Edad	a/c	Resistencia a la compresión promedio ( $Kg/cm^2$ )
<b>HE</b>	24 horas	0.40	325
		0.38	329
		0.35	384
	12 horas	0.26	320
	08 horas	0.25	330
<b>IP</b>	24 horas	0.30	315
<b>IP + Ultraval</b>		0.40	324
<b>TIPO I</b>	24 horas	0.33	321
	12 horas	0.26	325
	08 horas	0.25	338

Todos los diseños superan los 280 kg/cm<sup>2</sup>, se diseñaron con un factor de seguridad debido que, según la experiencia, los concretos vaciados en laboratorio y en forma industrial tienden a variar sus resistencias entre un 20 kg/cm<sup>2</sup> y 30 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.2.2.2 RESISTENCIA A LA FLEXO-TRACCION

Se expresa como Módulo de Rotura (MR) que es cerca del 10% al 20% de la resistencia a la compresión, las vigas tienen una sección transversal cuadrada de 15 cm y de largo 50 cm, según como indica la norma. El curado de las vigas se realizó en una cámara con mantas de fibras de vidrio.

Tabla 101 Resumen de Modulo de Rotura

Tipo de cemento	a/c	Edad	Carga (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia a la compresión
<b>HE</b>	0.40	24 horas	3280	49	15%
	0.38	24 horas	3356	50	15%
	0.35	24 horas	3675	55	14%
	0.26	12 horas	3484	52	16%
	0.25	8 horas	3537	53	16%
<b>IP</b>	0.30	24 horas	3407	51	16%
<b>IP+Ultraval</b>	0.40	24 horas	3476	52	16%
<b>TIPO I</b>	0.33	24 horas	3525	52	16%
	0.25	12 horas	3386	50	16%
	0.24	8 horas	3433	51	15%

El máximo porcentaje de resistencia a la compresión es de 16%, lo que indica la calidad del concreto es confiable, no obstante se requiere la prueba de flexo-traccion antes de la apertura de la vía.

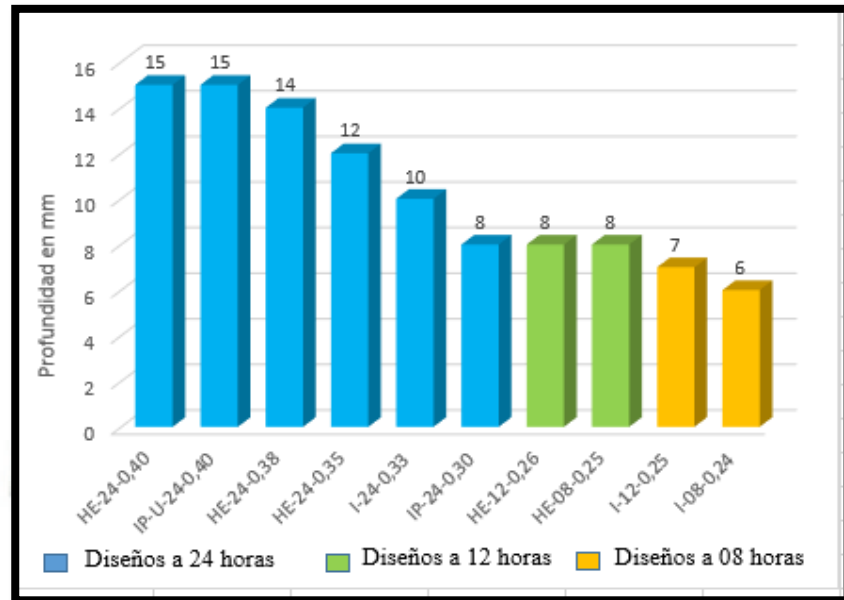
#### 4.2.2.3 PERMEABILIDAD AL AGUA BAJO PRESIÓN

El ensayo determina la profundidad de penetración de agua bajo presión de 5 Mpa en el concreto de estado endurecido.

Las muestras son cilindros de concreto fueron de 10 cm de diámetro y 20 cm de largo, las cuales se lijaron la parte superior circular y posteriormente se pasó con una franela para eliminar cualquier impureza. Se colocaron en la máquina después de dos días después del desencofrado, debido a que antes de colocar las probetas éstas debían estar totalmente secas, por lo cual se optó por ponerlas al horno y al día siguiente sacarlas al aire libre.

Tabla 102 Resumen de resultados permeabilidad al agua bajo presión

<b>Tipo de cemento</b>	<b>a/c</b>	<b>Edad</b>	<b>Permeabilidad al agua bajo presión (mm)</b>
HE	0.40	24 horas	15.0
	0.38	24 horas	14.0
	0.35	24 horas	12.0
	0.26	12 horas	8.0
	0.25	8 horas	8.0
IP	0.30	24 horas	8.0
IP+Ultraval	0.40	24 horas	12.0
TIPO I	0.33	24 horas	10.0
	0.25	12 horas	7.0
	0.24	8 horas	6.0



Gráfica 51 Resumen de los ensayos de Permeabilidad al agua bajo presión.

La permeabilidad de los diez diseños de mezclas son bajas debido a que su relación agua-cemento varía entre 0.24 y 0.40, además contienen altas cantidades de cemento lo que aumenta su resistencia a la presión del agua.

## CAPITULO V. ANALISIS DE COSTOS

### 5.1 ANALISIS DE COSTO UNITARIO

En el presente capítulo se dará un alcance del análisis de costo del concreto estudiado por metro cúbico, el cual es de referencia tomando en cuenta que los costos de los materiales pueden variar.

La presente investigación el concreto Fast Track está dirigido para reparación y rehabilitación de pavimentos para lo cual se puede usar mezcladoras de concretos convencionales.

El sistema de programación para un concreto Fast Track es estricto y con un seguimiento de obra constante a cargo de un profesional exclusivo para el control de calidad del concreto, por lo cual la programación de actividades será en función a la magnitud del pavimento a reparar o rehabilitar

Se debe considerar mano de obra calificada, debido que el fraguado es rápido y el vaciado debe ser continuo para evitar juntas frías en el nuevo pavimento.

## 5.1.1. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON CEMENTO HE

*Tabla 103 Análisis de costos unitarios de la mezcla de Concreto Tradicional*

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento IP	Yura	kg	11,00	20,30	223,30
Agua	Planta Supermix	L	0,17	0,80	0,40
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,75	17,53	13,15
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,50	35,00	5,95
<b>TOTAL</b>					<b>258,45</b>

El diseño de mezclas del concreto tradicional pertenece al presupuesto de Rehabilitación y mejoramiento de carretera Quinua – San Francisco; Tramo KM 58+500 al TRAMO KM 172+420.

Se utilizó el análisis de costos unitarios del presupuesto solo para la comparación de costos, denominando al diseño de mezclas como concreto tradicional.

Los costos de los insumos son referenciales, debido que pueden modificarse con el tiempo y a la obra, por lo cual se recomienda analizar detenidamente los precios antes de la elaboración del presupuesto final.

Tabla 104 Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-24-0.40

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento HE	Yura	kg	10,35	22,0	227,76
Agua	Planta Supermix	L	0,18	0,8	0,14
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,30	17,5	5,28
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,35	35,0	12,39
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	6,60	13,0	85,80
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	3,96	10,0	39,60
<b>TOTAL</b>					<b>370,97</b>

Tabla 105 Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-24-0.38

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento HE	Yura	kg	10,82	22,0	238,12
Agua	Planta Supermix	L	0,151	0,8	0,12
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,325	17,5	5,70
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,325	35,0	11,38
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	6,900	13,0	89,70
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	4,600	10,0	46,00
<b>TOTAL</b>					<b>391,01</b>

Tabla 106 Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-24-0.35

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento HE	Yura	kg	11,29	22,0	238,12
Agua	Planta Supermix	L	0,168	0,8	0,12
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,325	17,5	5,70
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,325	35,0	11,38
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	7,20	13,0	93,60
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	5,28	10,0	52,80
<b>TOTAL</b>					<b>412,08</b>

Tabla 107 Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-12-0.26

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento HE	Yura	kg	14,82	22,0	326,12
Agua	Planta Supermix	L	0,163	0,8	0,13
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,253	17,5	4,44
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,349	35,0	12,22
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	25,20	13,0	327,60
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	6,93	10,0	69,30
<b>TOTAL</b>					<b>739,80</b>

Tabla 108 Análisis de costos unitarios de la mezcla HE-08-0.25

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento HE	Yura	kg	15,29	22	336,47
Agua	Planta Supermix	L	0,165	0,8	0,13
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,262	17,5	4,59
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,33	35,0	11,55
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	26,0	13,0	338,00
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	10,4	10,0	104,00
<b>TOTAL</b>					<b>794,75</b>

#### 5.1.2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON CEMENTO IP

Tabla 109 Análisis de costos unitarios de la mezcla IP-24-0.30

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento IP	Yura	kg	12,94	20,3	262,71
Agua	Planta Supermix	L	0,129	0,8	0,10
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,278	17,5	4,87
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,34	35,0	11,90
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	11,00	13,0	143,00
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	6,05	10,0	60,50
<b>TOTAL</b>					<b>483,08</b>

Tabla 110 Análisis de costos unitarios de la mezcla IP-U-24-0.30

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento	Yura	kg	5,65	20,3	114,64
	Ultraval	Kg	3,76	66,5	250,35
Agua	Planta Supermix	L	0,132	0,8	0,11
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,31	17,53	5,43
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,364	35,00	12,74
Viscocrete 1110 (Superplastificante)		L	3,2	16,4	52,48
<b>TOTAL</b>					<b>435,75</b>

### 5.1.3. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON CEMENTO I

Tabla 111 Análisis de costos unitarios de la mezcla I-24-0.30

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento IP	Yura	kg	11,76	22,85	268,82
Agua	Planta Supermix	L	0,165	0,8	0,13
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,328	17,53	5,75
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,328	35,00	11,48
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	7,50	13,00	97,50
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	4,50	10,00	45,00
<b>TOTAL</b>					<b>428,69</b>

Tabla 112 Análisis de costos unitarios de la mezcla I-12-0.25

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento IP	Yura	kg	15,29	22,85	349,47
Agua	Planta Supermix	L	0,165	0,8	0,13
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,255	17,53	4,47
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,353	35,00	12,36
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	26,00	13,0	338,00
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	5,85	10,0	58,50
<b>TOTAL</b>					<b>762,93</b>

Tabla 113 Análisis de costos unitarios de la mezcla I-08-0.24

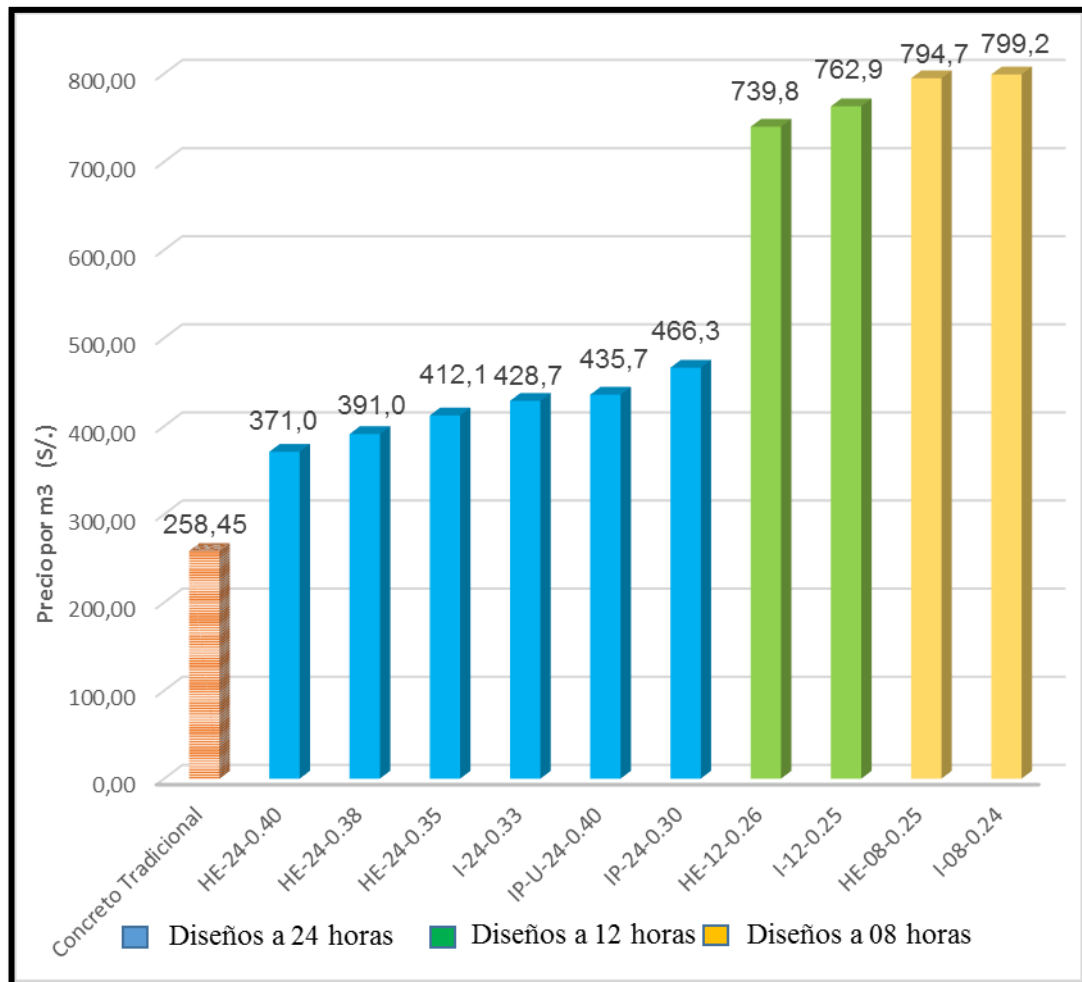
INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Cemento IP	Yura	kg	15,76	22,85	360,22
Agua	Planta Supermix	L	0,163	0,8	0,13
Agregado Fino	Poderosa	Kg	0,254	17,53	4,45
Agregado Grueso	Poderosa TMN 3/4"	Kg	0,35	35,00	12,25
Master X-Seed 100 (Acelerante)		L	26,8	13,00	348,40
MasterGlenium 3800 (Superplastificante)		L	7,37	10,00	73,70
<b>TOTAL</b>					<b>799,16</b>

## 5.2. COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

En la presente tabla se muestra el cuadro resumen de los diseños de mezclas, los cuales están ordenados de menor precio al mayor para poder comparar los costos de los diseños de mezclas según la edad del concreto que se requiere en obra.

*Tabla 114 Cuadro comparativo de costos del concreto*

<b>Diseños</b>	<b>Código de diseño</b>	<b>Costo S/.</b>
<b>28 días</b>	Concreto tradicional	240,80
<b>24 horas</b>	HE-24-0.40	371,0
	HE-24-0.38	391,0
	HE-24-0.35	412,1
	I-24-0.33	428,7
	IP-U-24-0.40	435,7
	IP-24-0.30	483,1
<b>12 horas</b>	HE-12-0.26	739,8
	I-12-0.25	762,9
<b>8 horas</b>	HE-08-0.25	794,7
	I-08-0.24	799,2



Gráfica 52 Gráfico de barras de los costos del concreto según su edad.

Según la gráfica y los costos unitarios adjuntados en el **Anexo 11** de un metro cúbico del concreto Fast Track a 24 horas, se observa la diferencia entre un cubo de concreto tradicional y los demás concretos que se analizaron en la investigación.

El menor porcentaje de diferencia entre un cubo de concreto tradicional a 28 días y el concreto Fast track a 24 horas HE-24-0.40 es de alrededor de 30,33 % en su precio final y el mayor porcentaje es el diseño de mezclas IP-24-0.30, el cual es de 46,50%.

Tabla 115 *Porcentaje del precio final del concreto a 24 horas respecto al concreto Tradicional*

<b>Diseño de mezclas</b>	<b>Porcentaje del precio final del concreto</b>
HE-24-0.40	30,33%
HE-24-0.38	33,90%
HE-24-0.35	37,28%
I-24-0.33	39,71%
IP-U-24-0.40	40,69%
IP-24-0.30	46,50%

Tabla 116 *Porcentaje del precio final del concreto a 12 horas respecto al concreto tradicional*

<b>Diseño de mezclas</b>	<b>Porcentaje del precio final del concreto</b>
HE-12-0.26	65,06%
I-12-0.25	66,12%

Según el costo analizado de un metro cúbico del concreto Fast Track a 12 horas, el porcentaje de diferencia entre un cubo de concreto HE-12-0.26 y el concreto I-12-0.25 es de alrededor de 3,03 % en su precio final.

$$\Delta \% \text{ Final en el Precio} = 3,03\%$$

Tabla 117 *Porcentaje del precio final del concreto a 08 horas respecto al concreto tradicional*

<b>Diseño de mezclas</b>	<b>Porcentaje del precio final del concreto</b>
HE-08-0.25	67,48%
I-08-0.24	67,66%

El porcentaje de diferencia entre un cubo de concreto Fast Track a 8 horas, HE-08-0.25 y el concreto I-08-0.24 es de alrededor de 0,55 % en su precio final.

$$\Delta \% \text{ Final en el Precio} = 0,55\%$$

## 5.2 COSTOS FINALES DEL CONCRETO FAST TRACK

En la investigación se analizó un presupuesto directo estimado de la reparación y rehabilitación de pavimentos utilizando la técnica Fast Track en los diferentes tiempos de habilitación, como las 8, 12 y 24 horas, incluyendo la reparación de sub-base y base de una rehabilitación referencial de 3.00 metros de largo, 3.00 metros de ancho y 0.05 metros de espesor.

Tabla 118 Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Carpeta Asfáltica

N°	PARTIDAS	UNIDADES	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>144.27</b>
1.1	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO	M2	9.00	6.84	61.56
1.2	DEMOLICION DE PAVIMENTO EN MAL ESTADO	M3	0.45	165.07	74.28
1.3	ELIMINACION DE DESMONTE CON EQUIPO	M3	0.45	18.73	8.43
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>582.78</b>
2.1	CORTE SUPERFICIAL CON EQUIPO e=20 cm	M3	1.80	1.86	3.35
2.2	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE		9.00	5.33	47.97
2.3	SUB BASE ESTABILIZADA C.B.R.>40	M2	9.00	21.82	196.38
2.4	BASE ESTABILIZADA C.B.R.>60	M2	9.00	32.79	295.11
2.5	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	2.34	17.08	39.97
3	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>221.88</b>
3.1	IMPRIMACION	M3	0.45	4.4	1.98
3.2	RIEGO DE LIGA	M2	9	0.5	4.5
3.3	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE MAC-2	M3	0.45	256.44	115.398
4	<b>TRANPORTE</b>				<b>1.51</b>
4.2	TRANPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	KM3	0.45	3.36	1.51
5	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>85.89</b>
5.6	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	3.0	7.0	21.00
5.7	PINTURA DE TRÁFICO	M2	9.0	7.2	64.89
	<b>TOTAL NETO</b>				<b>936.33</b>
	IGV 18%				168.54
	<b>COSTO FINAL</b>				<b>1104.86</b>

Tabla 119 Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Concreto tradicional

N°	PARTIDAS	UNIDADES	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>144.27</b>
1.1	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO	M2	9.00	6.84	61.56
1.2	DEMOLICION DE PAVIMENTO EN MAL ESTADO	M3	0.45	165.07	74.28
1.3	ELIMINACION DE DESMONTE CON EQUIPO	M3	0.45	18.73	8.43
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>582.78</b>
2.1	CORTE SUPERFICIAL CON EQUIPO e=20 cm	M3	1.80	1.86	3.35
2.2	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE		9.00	5.33	47.97
2.3	SUB BASE ESTABILIZADA C.B.R.>40	M2	9.00	21.82	196.38
2.4	BASE ESTABILIZADA C.B.R.>60	M2	9.00	32.79	295.11
2.5	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	2.34	17.08	39.97
3	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>145.08</b>
3.1	CONCRETO FAST TRACK $F_c > 280\text{kg/cm}^2$	M3	0.45	306.41	137.88
3.2	CURADO DEL PAVIMENTO	M2	9.00	0.80	7.20
4	<b>TRANPORTE</b>				<b>4.87</b>
4.2	TRANPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	KM3	0.45	3.36	1.51
4.3	TRANPORTE DE MEZCLA DE CONCRETO	KM4	0.50	5.00	2.50
5	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>85.89</b>
5.6	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	3.0	7.0	21.00
5.7	PINTURA DE TRÁFICO	M2	9.0	7.2	64.89
	<b>TOTAL NETO</b>				<b>962.88</b>
	IGV 18%				173.32
	<b>COSTO FINAL</b>				<b>1136.21</b>

Tabla 120 Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Concreto Fast Track de la mezcla HE-24-0.40

N°	PARTIDAS	UNIDADES	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>144.27</b>
1.1	TRAZO NIVEL Y REPLANTEO	M2	9.00	6.84	61.56
1.2	DEMOLICION DE PAVIMENTO EN MAL ESTADO	M3	0.45	165.07	74.28
1.3	ELIMINACION DE DESMONTE CON EQUIPO	M3	0.45	18.73	8.43
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>582.78</b>
2.1	CORTE SUPERFICIAL CON EQUIPO e=20 cm	M3	1.80	1.86	3.35
2.2	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE		9.00	5.33	47.97
2.3	SUB BASE ESTABILIZADA C.B.R.>40	M2	9.00	21.82	196.38
2.4	BASE ESTABILIZADA C.B.R.>60	M2	9.00	32.79	295.11
2.5	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	2.34	17.08	39.97
3	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>215.71</b>
3.1	CONCRETO FAST TRACK $F_c > 280\text{kg/cm}^2$	M3	0.45	452.16	203.47
3.2	CURADO DEL PAVIMENTO	M2	9.00	1.36	12.24
4	<b>TRANPORTE</b>				<b>4.01</b>
4.2	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	KM3	0.45	3.36	1.51
4.3	TRANSPORTE DE MEZCLA DE CONCRETO	KM4	0.50	5.00	2.50
5	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>85.89</b>
5.6	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	3.0	7.0	21.00
5.7	PINTURA DE TRÁFICO	M2	9.0	7.2	64.89
	<b>TOTAL NETO</b>				1033.51
	IGV 18%				186.03
	<b>COSTO FINAL</b>				<b>1219.54</b>

Tabla 121 Resumen del costo final de Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con Concreto Fast Track

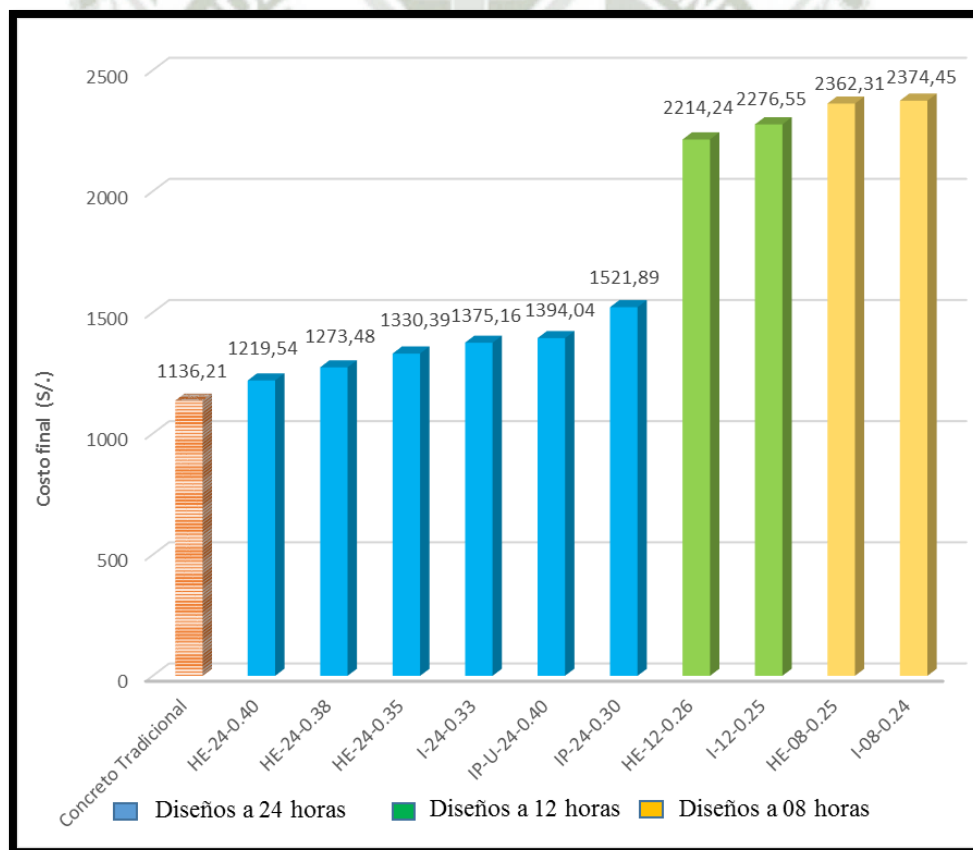
Edad de diseños	Código de diseño	Costo S/.
28 días	Carpeta Asfáltica	1104.86
28 días	Concreto tradicional	1136.21
24 horas	HE-24-0.40	1219.54
	HE-24-0.38	1273.48
	HE-24-0.35	1330.39
	I-24-0.33	1375.16
	IP-U-24-0.40	1394.04
	IP-24-0.30	1521.89
12 horas	HE-12-0.26	2214.24
	I-12-0.25	2276.55
8 horas	HE-08-0.25	2362.31
	I-08-0.24	2374.45

Tabla 122 Porcentaje de diferencia del costo final de Presupuesto para reparación y rehabilitación de pavimentos con un Concreto Tradicional y el Concreto Fast Track

Diseños	Código de diseño	Porcentaje del precio final del presupuesto
24 horas	HE-24-0.40	7.33%
	HE-24-0.38	12.08%
	HE-24-0.35	17.09%
	I-24-0.33	21.03%
	IP-U-24-0.40	22.69%
	IP-24-0.30	33.94%
12 horas	HE-12-0.26	94.88%
	I-12-0.25	100.36%

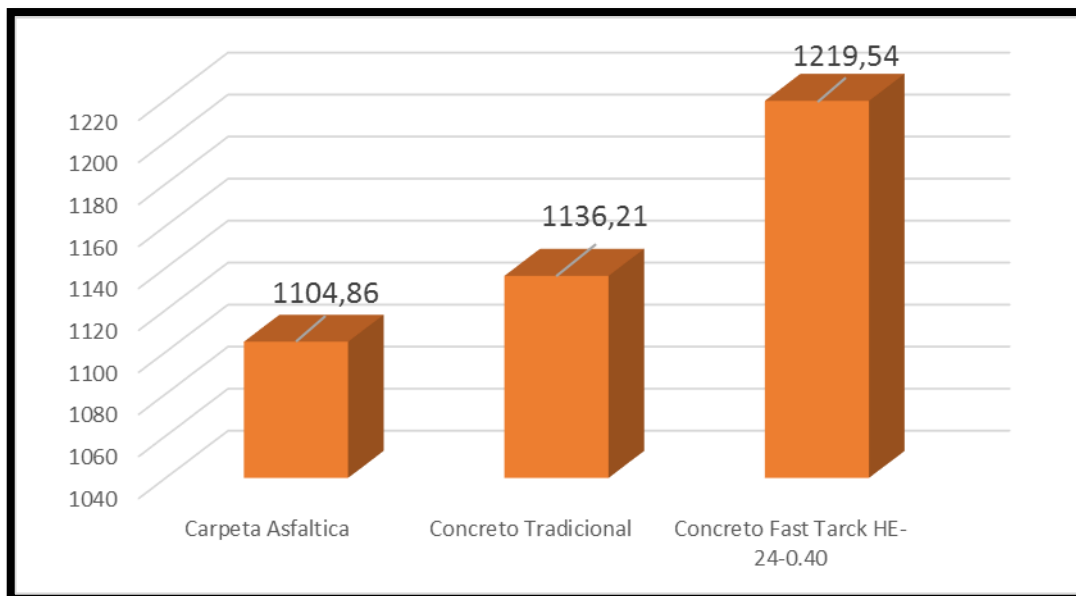
<b>8 horas</b>	HE-08-0.25	107.91%
	I-08-0.24	108.98%

En la presente investigación se han estudiado diferentes concretos Fast Track, los cuales se han comparado con la técnica tradicional del concreto normal, con lo cual podemos concluir que el concreto Fast Track aumenta el presupuesto de una obra de reparación o rehabilitación entre de un 7.33 % a 108.98 %, lo que en obras de grandes volúmenes será una diferencia considerable, por lo cual se debe tener en cuenta todos los aspectos antes realizar el presupuesto final de la obra.



Gráfica 53 Gráfico de barras de los costos finales del presupuesto con concreto según su edad

Según el análisis de presupuestos se han comparado el uso de carpeta asfáltica, concreto tradicional y concreto Fast Track, con lo cual podemos concluir que el concreto Fast Track aumenta el presupuesto de una obra de concreto en reparación y rehabilitación de pavimentos en un 7.33% y en una obra con carpeta asfáltica aumenta en 10.38%.



*Gráfica 54 Gráfico de barras de los costos finales del presupuesto con carpeta asfáltica, concreto tradicional y concreto Fast Track*



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos trazados al inicio de la investigación y en base al estudio experimental desarrollado, se presentan las siguientes conclusiones relevantes:

1. A través de la presente investigación se ha podido validar el objetivo principal, se obtuvo diseños de mezclas con la incorporación de aditivos superplastificante y acelerador de fragua llegando resistencias de compresión mayores de  $280 \text{ kg/cm}^2$  a edades de 8, 12 y 24 horas; a través de lo cual se propone la aplicación del concreto Fast Track para la reparación y rehabilitación de pavimentos.
2. Comparando los tipos de cemento HE, IP, IP con Ultraval y Tipo I se concluye que el cemento tipo IP debido a su cantidad de puzolana, retarda la hora fraguado inicial, en cambio el cemento HE es el que tiene menor tiempo de fragua inicial, sin embargo la duración del tiempo de fragua es similar en los todos los casos.
3. Comparando los diseños a edad de 8, 12 y 24 horas con los diferentes tipos de cemento se deduce que a medida que el concreto contenga más cantidad de cemento y la relación a/c sea más baja, se reduce el tiempo de fraguado.
4. Comparando los diez diseños de mezclas, se observa que la relaciones a/c del concreto son directamente proporcionales a la permeabilidad, debido a las bajas relaciones a/c todos los diseños tienen permeabilidad baja.

5. A menor relación agua cemento se obtiene una mayor velocidad de pulso ultrasónico, además se compara los datos obtenidos mediante la fórmula obtenida a base de una regresión cúbica, se puede observar que la resistencia real de compresión y la resistencia estimada tiene un error alrededor de +/-13%.
6. En base a los resultados del ensayo de velocidad de pulso ultrasónico y según a la clasificación de Leslie - Cheesman y Agraval todos los diseños son catalogados de Buena calidad.
7. En base a los datos obtenidos del ensayo de rebote se obtuvo una fórmula para hallar la resistencia a la compresión a través de una regresión lineal, se comparan los resultados de la resistencia real de compresión y la resistencia estimada tiene un error alrededor de +/-19%.
8. Las técnicas de los ensayos de ultrasonido y número de rebotes obtuvieron elevados porcentajes residuales, lo cual indica que la resistencia estimada por medio de las expresiones y la resistencia de real de compresión son independientes, por lo tanto se concluye que el ensayo a compresión no puede ser reemplazado por estos ensayos no destructivos.
9. El máximo cambio de longitud de todos los diseños es el cemento es el obtenido por el diseño de relación a/c 0.35 a 24 horas con cemento HE con valor resultante de 0.035% y el mínimo cambio de longitud es el obtenido por el diseño de relación a/c 0.30 a 24 horas con cemento IP con el valor resultante de 0.026%

10. Todos los diseños superaron el mínimo valor de  $38,6 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la flexión que es requerido por EG 2013 del Manual de Carreteras para la apertura del tráfico en el tiempo que se requiere, además el mayor porcentaje de fue de 16% en relación a la resistencia de compresión.
11. El concreto Fast Track tiene un costo inicial más elevado que el concreto tradicional y la carpeta asfáltica, alcanza un 7.33 % y 10.38% respectivamente en el costo final del proyecto, sin embargo por otro lado este nos proporciona una disminución del tiempo del proyecto para apertura al tráfico, además de aportar un concreto con mejores propiedades de resistencia tanto a la compresión y de flexo-tracción.
12. La técnica Fast Track es una innovadora forma de reparar y rehabilitar pavimentos debido que no solo se reduce el tiempo del usuario con el tráfico, sino también se minimiza el presupuesto del proyecto, reduciendo su periodo de ejecución, menor tiempo de alquiler de maquinarias y se reducen los ruidos de construcción, esto permite hacer una mayor cantidad de obras de reparación y rehabilitación en el menor tiempo posible.

## RECOMENDACIONES

1. La muestra no debe ser expuesta al calor solar, debido a que se acelera el tiempo de fraguado, por consiguiente se altera los resultados.
2. El procedimiento de mezclado para este tipo de concreto especial se debe seguir tal como se indica en la investigación, debido a sus bajas relaciones agua cemento el acelerador de fragua se incorpora minutos después del superplastificante.
3. Debido a sus altas cantidades de cemento los concretos Fast Track tienen mayor calor de hidratación la cual debe ser supervisada antes del vaciado, para así evitar fisuras en el pavimento.
4. Debido a que en nuestra ciudad no se ha aplicado un concreto Fast Track anteriormente, se recomienda capacitar al personal para el empleo de este tipo de concretos especiales antes de ejecutar la obra.
5. El análisis de costos de la presente investigación es solo de referencia, por lo cual se recomienda una investigación de costos, mano de obra y equipo, para tener un presupuesto más exacto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Osorio, J. D. (2013), "Fast Track: Tecnología en los Pavimentos", Ocaña, Colombia
2. Osorio, J. D. (2011), "Aplicaciones del concreto Fast Track" , Ocaña , Colombia
3. Strategic Highway Research Program (1993), Mechanical Behavior of High Performance Concretes, Volume 2, "Production of High Performance Concrete" –, Washington, DC
4. SHRP Informe C-373 (2003)
5. State Highway Administration (2005), Research Report: Rehabilitation and Maintenance of Road Pavements Using High Early Strength Concrete, University of Maryland, Maryland.
6. CMI Corporation (1992), "The Walsh Group Is Fast-Tracking With Two-Track SF-350 Fro, CMI", CMI New, Fall Ed, Oklahoma City.
7. Arizapana, D.R. (2014), "Concreto Fast Track con aditivo económico", Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
8. Sánchez, C. E. (2007) "Técnica de Rápida Habilitación al Tránsito en Pavimentos Rígidos Fast Track", Universidad Austral de Chile, Chile
9. Beltran, D. y Muñoz, D. (2006) "Formulación y caracterización de los módulos de deformación del concreto para el uso de pavimentos rígidos", Universidad Industrial de Santander, Chile
10. Soroka, I. (1993), "Concrete in Hot Environments", Ed. E & FN Spon, London.
11. Ortiz, J. A. (2005), "Estudio Experimental sobre la Influencia de la Temperatura Ambiental en la Resistencia del Hormigón Preparado"- Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona
12. Sanchez, D. (2000), "Tecnología del Concreto y del Mortero", Pg 11. Bogotá
13. Rivera, G.A.(2010), "Concreto Simple", Capitulo 4
14. Neville, A.M. (1999), "Properties of Concrete (fourth edition)", Pearson Education Limited, London.
15. Almusallam, A. (2001), "Effect of Environmental Conditions on the Properties of Fresh and Hardened Concrete", Cement and Concrete Composites Vol. 23, No. 4, pp. 353- 361.
16. Calderón, W. (2002) Tema A: "Influencia del curado en la resistencia final del concreto para mezclas de  $f'c$  210 kgf/cm<sup>3</sup>" Tema B: "Estudio Técnico del concreto Fast Track en reparación y habilitación de pavimentos", Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
17. Díaz, F. (2005), "Análisis Experimental de la Contracción por secado en mezclas de Concreto Hidráulico", Universidad de las Américas Puebla, México.
18. Servicio Nacional de Capacitación Para la Industria de la Construcción (2002), "Tecnología del Concreto-1", Lima

19. Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC)(2014), Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimento, 3ra Edición.
20. Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC)(2014), Manual de Carreteras "Mantenimiento o Conservación Vial" del Ministerio de Transportes y Comunicaciones"
21. Orell E. (2009), Rehabilitación de pavimentos Asfálticos con capas delgadas de hormigón Whitetopping, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
22. Pavimentos de concreto CEMEX (2010), "Manual de Pavimentos", México
23. Notas Técnicas Instituto Colombiano de productores de cemento (1999), Aplicaciones de capas de concreto sobre pavimento de asfalto (Whitetopping), Colombia
24. Dirección de Vialidad II Región Antofagasta (2005), Estratigrafía de Cargas por Eje a partir de Mediciones con Sistema Remoto de Pesaje Dinámico, Chile
25. Informe Prueba de Construcción Sistema de Rehabilitación de PAVIMENTOS Ultra Thin Whitetopping, (2003) Experiencia en Chile.
26. Ruiz J. (2006), Aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón, Universidad de Chile, Santiago de Chile
27. Vélez, L.M. (2010), "Permeabilidad y Porosidad en Concreto", Revista Tecnológicas No.25, Medellín
28. Mattio, M. E. (2014), "La Permeabilidad al agua como Parámetro para evaluar la Durabilidad del Hormigón", Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba
29. Ibarra, M. A. y Valencia, G. (2013)- "Estudio experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple".- Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima
30. Rojas, R. (2010)- "Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro", Universidad Veracruzana, Veracruz.
31. Mejía, V. y Peña, E. (2010) con la investigación "Determinación de la resistencia y Resistividad Eléctrica de Probetas de varios Diseños de Hormigón sometidas a Ataques de Contaminantes" de la Escuela Superior Politécnica del Litoral Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Guayaquil

## **NORMATIVIDAD**

1. NORMA COMITÉ ACI 228 2R-13
2. NORMA COMITÉ ACI 325 11R-01

## ANEXOS

1. Constancia otorgada por la empresa CONCRETOS SUPERMIX
2. Diseño de Mezclas con Cemento Tipo HE
3. Diseño de Mezclas con Cemento Tipo IP
4. Diseño de Mezclas con Cemento Tipo I
5. Ficha Técnica Cemento Tipo HE
6. Ficha Técnica Cemento Tipo IP
7. Ficha Técnica Cemento Tipo I
8. Ficha Técnica de Aditivo Master X-Seed 100
9. Ficha Técnica de Aditivo MasterGlenium 3800
10. Ficha Técnica de Aditivo Sika Viscocrete 1110
11. Análisis de Costos Unitarios



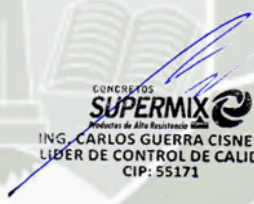
Arequipa, 15 de Julio del 2016

### CONSTANCIA

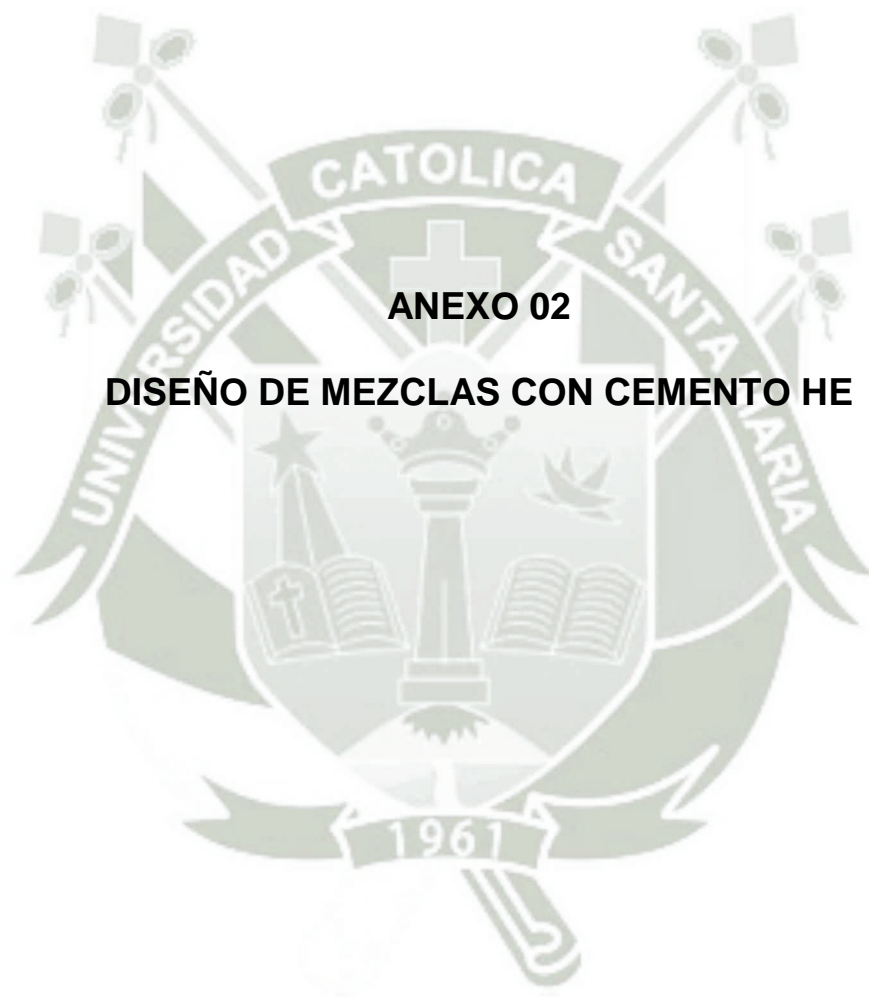
Por intermedio de la presente se deja constancia que las señoritas **Daniela Paliza Florez** con DNI 73053040, y **Dánnerly Tiffany Quispe Huilca** con DNI 72659627, Tesistas de la Universidad Católica Santa María han realizado ensayos de agregados, diseño de mezclas y ensayos de concreto en estado fresco y endurecido en el laboratorio de nuestras instalaciones para la elaboración de la tesis; "**Diseño de mezclas Concreto Fast Track para reparación y rehabilitación de pavimentos en la ciudad de Arequipa**".

Se emite el presente documento a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Atentamente



CONCRETOS  
**SUPERMIX**  
Productos de Alta Resistencia  
ING. CARLOS GUERRA CISNEROS  
LÍDER DE CONTROL DE CALIDAD  
CIP: 55171



**ANEXO 02**

**DISEÑO DE MEZCLAS CON CEMENTO HE**

**Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	583
Agua	Planta Gloria	L	245
Agregado Fino	Poderosa	Kg	438
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	1109
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	11.66
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	5.83
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	26.67
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			
Slump		-	-
<b>CONCLUSIONES</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El módulo de finos es muy bajo, en consecuencia la mezcla salió pedregosa, además que la mezcla se perdió debido a la cantidad de agua que tenía, no hacía una pasta homogénea.</li> <li>• Se consideró que en los próximos diseños se cambiaría el módulo de finos en un rango de 40 % a 50 %, lo cual contribuiría con la homogeneidad de la mezcla.</li> <li>• Se reducirá el agua para conseguir una mezcla más consistente.</li> </ul>			

**Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	594
Agua	Planta Gloria	L	210
Agregado Fino	Poderosa	Kg	711
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	890
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	11.88

MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	5.94
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	45
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			
Slump		-	-
<b>CONCLUSIONES</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El módulo de finos subió a 45 %, pero aun así se observó la mezcla pedregosa, además que la mezcla se perdió debido a la cantidad de agua que tenía, no hacía una pasta.</li> <li>• Se considerara el módulo de finos en un rango de 48 % en los próximos diseños de mezcla.</li> <li>• Además que se reduciría el agua y el porcentaje de aditivo superplastificante para conseguir una mezcla más consistente.</li> </ul>			

#### Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	546
Agua	Planta Gloria	L	211
Agregado Fino	Poderosa	Kg	788
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	882
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	10.92
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	2.73
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	48
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.5
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)	

0	9.75	25.2
8	7.75	24.4
10	6.75	24
50	3.75	23.2

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	24 horas	10.16	81.07	17163	212	219	78%
2		10.22	82.03	17885	218		
3		10.2	81.71	18528	227		
4	3 días	10.23	82.19	30351	369	372	133%
5		10.20	81.71	30519	373		
6		10.20	81.71	30459	373		

**CONCLUSIONES**

- La resistencia llegó a 219 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 546 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.

**Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	432
Agua	Planta Gloria	L	212
Agregado Fino	Poderosa	Kg	840
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	940
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	8.64
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	1.30

**CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO**

Relación a/c	-	0.40
Incidencia arena/piedra	%	48
Master X-Seed 100 (acelerante)	%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	%	0.3

**PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO**

Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)
---------------	--------------	----------------

0		5.75		25.8			
15		4		25.6			
20		3.75		25.6			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	24 horas	10.2	81.71	12476	152.68	152	54%
2		10.27	82.84	12222	147.54		
3		10.12	80.44	12450	154.78		
4	3 días	10.23	82.19	19177	233.31	234	83%
5		10.22	82.03	18923	230.67		
6		10.23	82.19	19496	237.19		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 152 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 432 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	432
Agua	Planta Gloria	L	212
Agregado Fino	Poderosa	Kg	840
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	940
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	8.64
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	1.94
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.40
Incidencia arena/piedra		%	48
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.45
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			
Tiempo ( min)		Slump (pulg)	Temperatura(C)
0		8.25	26.4

15	6.5	26.2					
30	3.25	24.2					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	24 horas	10.2	81.71	13296	162.72	161	58%
2		10.2	81.71	12551	153.60		
3		10.15	80.91	13604	168.13		
4	3 días	10.24	82.35	20875	253.48	241	86%
5		10.2	81.71	18032	220.68		
6		10.19	81.55	20201	247.70		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 161 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 432 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	530
Agua	Planta Gloria	L	175
Agregado Fino	Poderosa	Kg	790
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	870
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	10.6
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	3.71
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	47.5
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.7
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)	
0	8.5	28.0	

20	7	27.8					
40	5.5	27.1					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	24 horas	10.2	81.71	28638	350.47	345	123%
2		10.2	81.71	26639	326.01		
3		10.18	81.39	29143	358.05		
4	3 días	10.245	82.44	30801	373.64	371	133%
5		10.245	82.44	30801	373.64		
6		10.20	81.71	30167	369.18		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 345 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió con la resistencia requerida; sin embargo, se debe de optimizar el diseño, para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> </ul>							

### Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	490
Agua	Planta Gloria	L	155
Agregado Fino	Poderosa	Kg	787
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	897
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	9.8
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	4.41
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.30
Incidencia arena/piedra		%	47.5
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.9
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)	
0	11.25	26.3	

20		9.75		26.1			
40		9.5		25.5			
60		7.75		25.1			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	24 horas	10.08	79.80	25063	314.07	336	120%
2		10.27	82.84	22253	268.63		
3		10.04	79.17	32652	412.43		
4	3 días	10.185	81.47	28524	350.11	479	171%
5		10.2	81.71	38998	477.26		
6		10.2	81.71	40287	493.03		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 336 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió con la resistencia requerida, sin embargo obtuvo un mayor Slump del esperado por lo que se corrigió todo el diseño.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	480
Agua	Planta Gloria	L	168
Agregado Fino	Poderosa	Kg	871
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	889
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	7.2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	5.28
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	50
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)	

0		10.25		25.6			
15		8.75		24.4			
30		8.25		24			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.18	81.39	32890	404.09	387	138%
2		10.15	80.91	30540	377.44		
3		10.165	81.15	30710	378.42		
4	24 horas	10.18	81.39	31350	385.17	394	141%
5		10.17	81.23	32180	396.15		
6		10.175	81.31	32460	399.20		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 394 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.35 para el cemento HE.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	460
Agua	Planta Gloria	L	151
Agregado Fino	Poderosa	Kg	871
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	888
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	6.9
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	4.6
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.38
Incidencia arena/piedra		%	50
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			

Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)
0	9.25	25.4
15	8.5	24.1
40	8.25	24

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.185	81.47	21541	264.40	284	102%
2		10.17	81.23	21270	261.84		
3		10.2	81.71	26690	326.63		
4	24 horas	10.15	80.91	26810	331.34	329	117%
5		10.16	81.07	26990	332.91		
6		10.18	81.39	26190	321.77		

**CONCLUSIONES**

- La resistencia llegó a 329 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.38 para el cemento HE.

**Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	440
Agua	Planta Gloria	L	152
Agregado Fino	Poderosa	Kg	879
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	896
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	6.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	4.2

**CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO**

Relación a/c	-	0.40
Incidencia arena/piedra	%	50
Master X-Seed 100 (acelerante)	%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	%	0.9

**PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO**

Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		6.75		25			
15		6		24.8			
30		5.75		24.5			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.18	81.39	23430	287.86	302	108%
2		10.18	81.39	25570	314.16		
3		10.185	81.47	24871	305.27		
4	24 horas	10.165	81.15	28320	348.97	366	131%
5		10.155	80.99	30630	378.18		
6		10.175	81.31	30220	371.65		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 366 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida, sin embargo, la medida del Slump es baja, por lo que se optimizará el diseño.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	440
Agua	Planta Gloria	L	176
Agregado Fino	Poderosa	Kg	836
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	936
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	6.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	4.2
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.40
Incidencia arena/piedra		%	48
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	1.5
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.9
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>			

Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		9.5		25			
15		9		24.9			
30		6.5		23.7			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	24 horas	10.2	81.71	23450	286.98	325	116%
2		10.2	81.71	22870	279.88		
3		10.2	81.71	23580	288.57		
4	5 días	10.2	81.71	36370	445.10	437	156%
5		10.18	81.39	35421	435.19		
6		10.185	81.47	35084	430.62		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 325 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.40 para el cemento HE.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 8 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	640
Agua	Planta Gloria	L	224
Agregado Fino	Poderosa	Kg	617
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	852
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	12.8
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	3.2
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	43
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.5

<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)			Temperatura(C)		
0		9.5			22.4		
40		8			21.8		
60		0			19		
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	8 horas	10.16	81.07	19030	234.73	207	74%
2		10.17	81.23	15360	189.09		
3		10.18	81.39	16110	197.93		
4	24 horas	10.2	81.71	20415	249.84	241	86%
5		10.15	80.91	18956	234.27		
6		10.18	81.39	19410	238.47		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 207 kg/cm<sup>2</sup> en 8 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 640 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 8 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	600
Agua	Planta Gloria	L	240
Agregado Fino	Poderosa	Kg	614
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	848
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	12.0
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	2.4
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	43
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2

MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.4				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)			Temperatura(C)		
0		9.25			25.2		
20		2			24.6		
30		0			23		
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	8 horas	10.165	81.15	14540	179.17	176	63%
2		10.155	80.99	14623	180.55		
3		10.165	81.15	13580	167.34		
4	24 horas	10.16	81.07	18452	227.60	240	86%
5		10.17	81.23	19530	240.42		
6		10.18	81.39	20470	251.50		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 176 kg/cm<sup>2</sup> en 8 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 600 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 8 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	700
Agua	Planta Gloria	L	245.0
Agregado Fino	Poderosa	Kg	502
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	853
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	14.0
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	1.4
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.35
Incidencia arena/piedra		%	38

Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2				
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	0.2				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		4.25		23.8			
20		0		22.1			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	8 horas	10.16	81.07	12040	148.51	169	60%
2		10.145	80.83	13410	165.90		
3		10.155	80.99	15570	192.24		
4	24 horas	10.165	81.15	20451	252.01	259	92%
5		10.155	80.99	20980	259.03		
6		10.165	81.15	21480	264.69		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 169 kg/cm<sup>2</sup> en 8 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 700 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento HE a 8 horas (49)

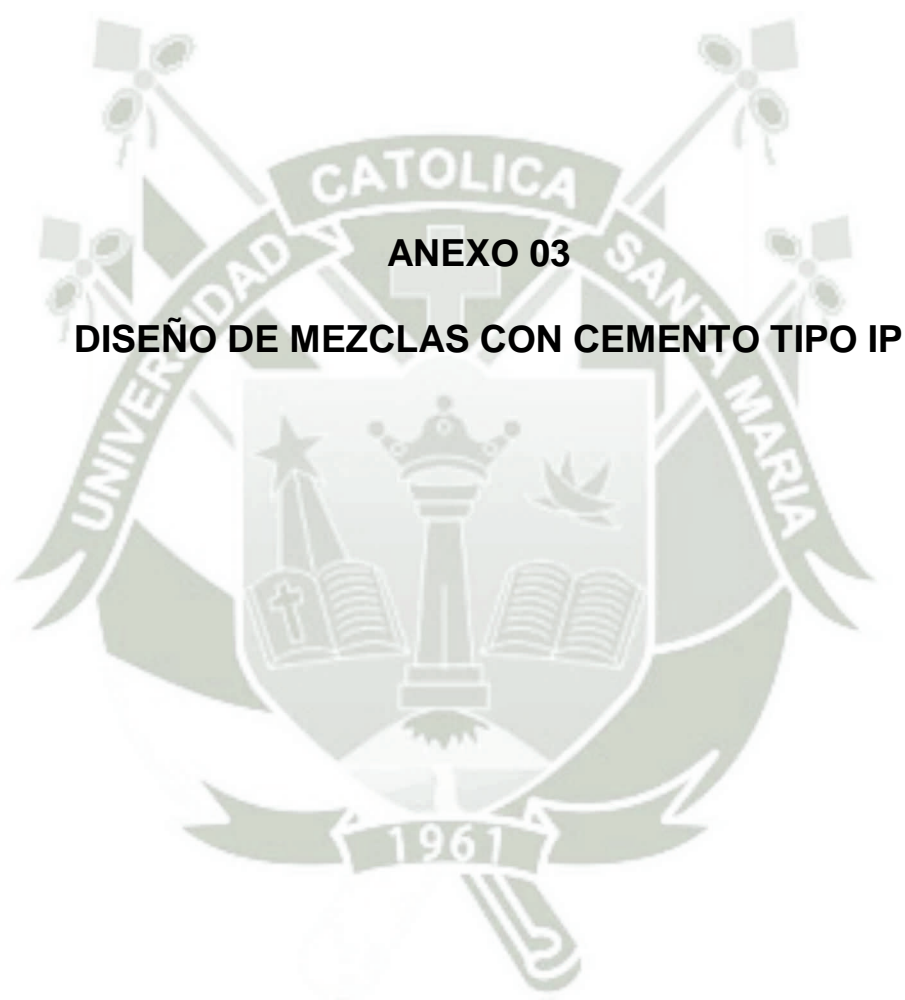
INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	650
Agua	Planta Gloria	L	165
Agregado Fino	Poderosa	Kg	714
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	906
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	26.0
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	10.4
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.25
Incidencia arena/piedra		%	45

Master X-Seed 100 (acelerante)		%	4.0				
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.6				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)			Temperatura(C)		
0		9.25			19.8		
20		8.5			19.5		
40		7.25			19.2		
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	8 horas	10.12	80.44	27790	345.49	337	120%
2		10.14	80.75	26100	323.20		
3		10.14	80.75	27570	341.41		
4	24 horas	10.15	80.91	35040	433.05	424	151%
5		10.16	81.07	34960	431.22		
6		10.19	81.55	33295	408.26		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 337 kg/cm<sup>2</sup> en 8 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.25 para el cemento HE.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento HE a 12 horas**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	630
Agua	Planta Gloria	L	165
Agregado Fino	Poderosa	Kg	722
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	916
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	26.0
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	10.4
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.26

Incidencia arena/piedra		%					44
Master X-Seed 100 (acelerante)		%					4.0
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%					1.1
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		9.5		22.4			
20		8.25		22.0			
40		7.0		19.5			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	12 horas	10.19	81.55	32620	399.99	342	125%
2		10.17	81.23	33280	409.69		
3		10.145	80.83	32410	400.95		
4	24 horas	10.185	81.47	44270	543.37	431	150%
5		10.22	82.03	40380	492.24		
6		10.225	82.11	42450	516.97		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 342 kg/cm<sup>2</sup> en 12 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.26 para el cemento HE.</li> </ul>							



**Diseño de mezcla cemento IP a 24 horas**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD				
Cemento HE	YURA	kg	500.00				
Agua	Planta Gloria	L	165.00				
Agregado Fino	Poderosa	Kg	731.73				
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	955.22				
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	10.00				
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	5.5				
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c		-	0.33				
Incidencia arena/piedra		%	45				
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2				
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)					
0	9.0	19.5					
15	8.25	19.4					
30	7.5	19.0					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.17	81.23	21043	259.05	270	96%
2		10.165	81.15	22611	278.62		
3		10.19	81.55	22224	272.51		
4	24 horas	10.16	81.07	25410	313.42	299	107%
5		10.18	81.39	24010	294.99		
6		10.185	81.47	23520	288.69		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 299 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 500 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento IP a 24 horas**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	550.00
Agua	Planta Gloria	L	165.00
Agregado Fino	Poderosa	Kg	711.20
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	928.41
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	11.00

MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF		Kg		6.6	
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c				-		0.30	
Incidencia arena/piedra				%		45	
Master X-Seed 100 (acelerante)				%		2	
MasterGlenium 3800 (superplastificante)				%		1.2	
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		9.0		19.5			
15		8.25		19.4			
30		7.5		19.0			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.185	81.47	23855	292.80	286	102%
2		10.16	81.07	23245	286.72		
3		10.185	81.47	22580	277.15		
4	24 horas	10.16	81.07	23450	289.24	305	109%
5		10.18	81.39	24870	305.56		
6		10.165	81.15	25890	319.03		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<p>La resistencia llegó a 305 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 550 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se observó que la mezcla presenta exudación por lo que se reducirá la cantidad de superplastificante.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento IP a 24 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	550.00
Agua	Planta Gloria	L	165.00
Agregado Fino	Poderosa	Kg	711.20
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	928.41
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	11.00
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	6.05
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.30
Incidencia arena/piedra		%	45

Master X-Seed 100 (acelerante)		%	2				
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		9.0		19.5			
15		8.25		19.4			
30		7.5		19.0			
45		7.0		18.5			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.15	80.91	24320	300.57	300	107%
2		10.16	81.07	23410	288.75		
3		10.19	81.55	25410	311.58		
4	24 horas	10.12	80.44	27010	335.79	343	122%
5		10.14	80.75	28370	351.31		
6		10.14	80.75	27510	340.66		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 343 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.30 para el cemento IP.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento IP a 12 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	700.00
Agua	Planta Gloria	L	165.00
Agregado Fino	Poderosa	Kg	649.61
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	848.01
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	28.00
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	7.0
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.30

Incidencia arena/piedra		%		42			
Master X-Seed 100 (acelerante)		%		4			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%		1.0			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		9.75		24.3			
15		9.25		24.0			
30		9.0		23.8			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	12 horas	10.2	81.71	25100	307.17	298	106%
2		10.2	81.71	25570	312.93		
3		10.2	81.71	22410	274.25		
4	24 horas	10.2	81.71	28320	346.58	360	128%
5		10.18	81.39	29450	361.83		
6		10.185	81.47	30220	370.92		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 298 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas lo cual no se aproxima a la resistencia requerida para un concreto de 12 horas.</li> <li>El diseño de mezclas para este concreto tiene una cantidad de cemento de 700 kg/m<sup>3</sup> la cual sobrepasa el límite permitido, debido a que al reaccionar con los aditivos presenta mucha exudación y el agregado grueso se segrega; por lo que se optó por descartar el diseño de un concreto a 12 horas con el cemento IP.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento IP a 24 horas adicionado con ULTRAVAL**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	270
Cemento Ultraval	C&T Representaciones S.A.	kg	180
Agua	Planta Gloria	L	160.00
Agregado Fino	Poderosa	Kg	842.24
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	899.57

Viscocrete 1110 (superplastificante)	SIKA	Kg	4.5				
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c		-	0.36				
Incidencia arena/piedra		%	50				
Cemento Ultraval		%	40				
Viscocrete 1110 (superplastificante)		%	1.0				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)					
0	10.0	22.3					
20	9.75	22.0					
40	9.0	21.8					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.16	81.07	23410	288.75	280	100%
2		10.17	81.23	22850	281.29		
3		10.18	81.39	22060	271.03		
4	24 horas	10.15	80.91	25480	314.90	308	110%
5		10.165	81.15	24960	307.57		
6		10.145	80.83	24430	302.22		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<p>La resistencia llegó a 308 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero no es la resistencia requerida, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño .</p>							

#### Diseño de mezcla cemento IP a 24 horas adicionado con ULTRAVAL

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento HE	YURA	kg	240.00
Cemento Ultraval	C&T Representaciones S.A.	kg	160.00
Agua	Planta Gloria	L	160.00

Agregado Fino	Poderosa	Kg	865.05				
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	923.93				
Viscocrete 1110 (superplastificante)	SIKA	Kg	4.0				
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c		-	0.40				
Incidencia arena/piedra		%	50				
Cemento Ultraval		%	40				
Viscocrete 1110 (superplastificante)		%	1.0				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)					
0	10.25	23.4					
20	9.75	23.1					
40	9.25	22.7					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.185	81.47	21541	264.40	277	99%
2		10.17	81.23	21270	261.84		
3		10.2	81.71	24870	304.36		
4	24 horas	10.15	80.91	24710	305.39	303	108%
5		10.16	81.07	24060	296.77		
6		10.18	81.39	25030	307.52		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 303 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero no es la resistencia requerida, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> <li>Se observó que la mezcla presenta exudación por lo que se reducirá la cantidad de superplastificante.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento IP a 24 horas adicionado con ULTRAVAL**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD				
Cemento HE	YURA	kg	240.00				
Cemento Ultraval	C&T Representaciones S.A.	kg	160.00				
Agua	Planta Gloria	L	160.00				
Agregado Fino	Poderosa	Kg	865.05				
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	923.93				
Viscocrete 1110 (superplastificante)	SIKA	Kg	3.20				
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c		-	0.40				
Incidencia arena/piedra		%	50				
Cemento Ultraval		%	40				
Viscocrete 1110 (superplastificante)		%	0.8				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)					
0	9.75	21.5					
20	9.0	21.1					
40	8.25	20.7					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.21	81.87	25170	307.43	307	110%
2		10.22	82.03	25480	310.60		
3		10.2	81.71	24760	303.01		
4	24 horas	10.18	81.39	29510	362.56	355	127%
5		10.16	81.07	28530	351.90		
6		10.155	80.99	28410	350.77		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 355 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.40 para el cemento IP adicionado con ULTRAVAL.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento IP a 12 horas adicionado con ULTRAVAL**

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD				
Cemento HE	YURA	kg	300				
Cemento Ultraval	C&T Representaciones S.A.	kg	200				
Agua	Planta Gloria	L	160.00				
Agregado Fino	Poderosa	Kg	753.87				
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	945.22				
Viscocrete 1110 (superplastificante)	SIKA	Kg	6.5				
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c		-	0.40				
Incidencia arena/piedra		%	46				
Cemento Ultraval		%	40				
Viscocrete 1110 (superplastificante)		%	1.3				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)					
0	9.75	23.5					
20	9.5	23.2					
40	9.0	22.9					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	12 horas	10.2	81.71	18420	225.42	237	85%
2		10.2	81.71	19560	239.37		
3		10.18	81.39	19953	245.14		
4	24 horas	10.16	81.07	25478	314.26	320	114%
5		10.13	80.60	26038	323.07		
6		10.16	81.07	26207	323.25		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 237 kg/cm<sup>2</sup> en 12 horas, lo cual no se aproxima a la resistencia requerida para un concreto de 12 horas.</li> </ul>							

- El diseño de mezclas para este concreto tiene una cantidad de cemento de 500 kg/m<sup>3</sup> con una adición del 40% de Ultraval, sin embargo esta no se pudo llegar a la resistencia.
- Para obtener la resistencia requerida a 12 horas se debería usar un porcentaje de adición de Ultraval mayor al 40%, sin embargo este aumento provocaría un concreto pesado y con señales de exudación y/o segregación, por lo que se optó por descartar el diseño de un concreto a 12 horas con el cemento IP.





**ANEXO 04**

**DISEÑO DE MEZCLAS CON CEMENTO TIPO I**

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 24 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	450.00			
Agua		Planta Gloria	L	174.80			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	845.28			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	902.84			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	6.75			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	4.95			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.39			
Incidencia arena/piedra			%	50			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	1.5			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	1.1			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		10.75		25.1			
15		10.25		24.7			
40		9.75		24.2			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.21	81.87	23450	286.42	283	101%
2		10.22	82.03	23300	284.03		
3		10.2	81.71	22750	278.41		
4	24 horas	10.185	81.47	26740	328.21	314	112%
5		10.22	82.03	25410	309.75		
6		10.225	82.11	25060	305.19		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 314 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 450 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño</li> <li>Se observó que la mezcla presenta exudación, por lo que se reducirá el porcentaje de superplastificante.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 24 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	450.00			
Agua		Planta Gloria	L	174.80			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	845.28			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	902.84			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	6.75			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	4.5			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.39			
Incidencia arena/piedra			%	50			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	1.5			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	1.0			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		10.00		24.8			
15		9.75		24.1			
40		95		23.5			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.21	81.87	22450	274.20	277	99%
2		10.22	82.03	23480	286.22		
3		10.2	81.71	22100	270.46		
4	24 horas	10.185	81.47	22310	273.83	286	102%
5		10.22	82.03	23820	290.37		
6		10.225	82.11	24150	294.10		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 286 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 450 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> <li>Se observó que la mezcla presenta exudación, por lo que se reducirá el porcentaje de superplastificante.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 24 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	500.00			
Agua		Planta Gloria	L	165.00			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	837.72			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	894.76			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	7.5			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	5.5			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.33			
Incidencia arena/piedra			%	50			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	1.5			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	1.1			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		10.25		24.6			
15		9.75		24.2			
40		9.25		23.9			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.21	81.87	24510	299.37	288	103%
2		10.22	82.03	23300	284.03		
3		10.2	81.71	22870	279.88		
4	24 horas	10.18	81.39	25410	312.19	309	111%
5		10.16	81.07	24860	306.64		
6		10.155	80.99	25070	309.53		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 309 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 500 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> <li>Se observa que la mezcla presenta un Slump muy alto, por lo que se reducirá la cantidad de superplastificante.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 24 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	500.00			
Agua		Planta Gloria	L	165.00			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	837.72			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	894.76			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	7.5			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	4.5			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.33			
Incidencia arena/piedra			%	50			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	1.5			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	0.9			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		9.5		23.3			
15		9		23			
40		8.5		21.8			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	21 horas	10.21	81.87	25410	310.36	300	107%
2		10.22	82.03	23420	285.49		
3		10.2	81.71	24840	303.99		
4	24 horas	10.12	80.44	26250	326.35	321	115%
5		10.14	80.75	26100	323.20		
6		10.14	80.75	25340	313.79		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 321 kg/cm<sup>2</sup> en 24 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.33 para el cemento Tipo I.</li> </ul>							

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 12 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	630.00			
Agua		Planta Gloria	L	165.00			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	659.26			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	972.39			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	25.2			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	7.56			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.25			
Incidencia arena/piedra			%	42			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	4			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	1.2			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		10.75		25.9			
20		10.5		25.5			
40		10.25		25.1			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	12 horas	10.19	81.55	22450	275.28	271	97%
2		10.17	81.23	21450	264.06		
3		10.145	80.83	22100	273.40		
4	24 horas	10.185	81.47	22310	273.83	290	104%
5		10.22	82.03	24890	303.41		
6		10.225	82.11	24150	294.10		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<p>La resistencia llegó a 271 kg/cm<sup>2</sup> en 12 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 630 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.</p>							

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 12 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	630.00			
Agua		Planta Gloria	L	165.00			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	659.26			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	972.39			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	25.2			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	6.93			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.25			
Incidencia arena/piedra			%	42			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	4			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	1.1			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		10.75		26.2			
20		10.5		26.0			
40		10.0		25.8			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	12 horas	10.2	81.71	25100	307.17	298	106%
2		10.2	81.71	25570	312.93		
3		10.2	81.71	22410	274.25		
4	24 horas	10.2	81.71	28320	346.58	360	128%
5		10.18	81.39	29450	361.83		
6		10.185	81.47	30220	370.92		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<p>La resistencia llegó a 298 kg/cm<sup>2</sup> en 12 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 630 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.</p>							

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 12 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	650.00			
Agua		Planta Gloria	L	165.00			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	652.42			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	962.31			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	26			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	7.8			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.25			
Incidencia arena/piedra			%	42			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	4			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	1.2			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		10.75		25.8			
20		10.5		25.6			
40		10.0		25.3			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	12 horas	10.21	81.87	23450	286.42	283	101%
2		10.22	82.03	23300	284.03		
3		10.2	81.71	22750	278.41		
4	24 horas	10.185	81.47	26740	328.21	314	112%
5		10.22	82.03	25410	309.75		
6		10.225	82.11	25060	305.19		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<p>La resistencia llegó a 283 kg/cm<sup>2</sup> en 12 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 650 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño.</p>							

**Diseño de mezcla cemento Tipo I a 12 horas**

INSUMOS		PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD			
Cemento TIPO I		YURA	kg	650.00			
Agua		Planta Gloria	L	165.00			
Agregado Fino		Poderosa	Kg	652.42			
Agregado Grueso		Poderosa	Kg	962.31			
Master X-Seed 100 (acelerante)		BASF	Kg	26			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		BASF	Kg	5.85			
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c			-	0.25			
Incidencia arena/piedra			%	42			
Master X-Seed 100 (acelerante)			%	4			
MasterGlenium 3800 (superplastificante)			%	0.9			
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)		Temperatura(C)			
0		9.75		24.4			
20		9		23.5			
40		8		22.9			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	12 horas	10.14	80.75	26010	322.09	325	116%
2		10.17	81.23	26330	324.13		
3		10.2	81.71	26910	329.32		
4	24 horas	10.12	80.44	28780	357.80	351	125%
5		10.15	80.91	27990	345.92		
6		10.2	81.71	28610	350.13		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 325 kg/cm<sup>2</sup> en 12 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.25 para el cemento Tipo I.</li> </ul>							

### Diseño de mezcla cemento Tipo I a 08 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD				
Cemento TIPO I	YURA	kg	670.00				
Agua	Planta Gloria	L	165.00				
Agregado Fino	Poderosa	Kg	645.59				
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	952.23				
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	26.8				
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	9.38				
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c		-	0.24				
Incidencia arena/piedra		%	42				
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	4				
MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.4				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)	Slump (pulg)	Temperatura(C)					
0	10.25	25.2					
15	10.0	25.1					
40	9.5	24.3					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	8 horas	10.16	81.07	17410	214.74	228	81%
2		10.16	81.07	18290	225.60		
3		10.16	81.07	19650	242.37		
4	24 horas	10.19	81.55	24810	304.22	300	107%
5		10.18	81.39	24960	306.66		
6		10.2	81.71	23510	287.71		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 228 kg/cm<sup>2</sup> en 08 horas, pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 670 kg/m<sup>3</sup>, lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio, para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> <li>Se observa que la mezcla presenta exudación por lo que se reducirá la cantidad de superplastificante.</li> </ul>							

### Diseño de mezcla cemento Tipo I a 08 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento TIPO I	YURA	kg	670.00
Agua	Planta Gloria	L	165.00
Agregado Fino	Poderosa	Kg	645.59
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	952.23
Master X-Seed 100	BASF	Kg	26.8

(acelerante)							
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF			Kg			8.04
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>							
Relación a/c				-			0.24
Incidencia arena/piedra				%			42
Master X-Seed 100 (acelerante)				%			4
MasterGlenium 3800 (superplastificante)				%			1.2
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)			Temperatura(C)		
0		10.0			25.7		
15		9.75			25.3		
40		9.5			24.6		
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	8 horas	10.19	81.55	23040	282.52	293	105%
2		10.18	81.39	24010	294.99		
3		10.2	81.71	24620	301.30		
4	24 horas	10.18	81.39	25410	312.19	329	117%
5		10.2	81.71	26480	324.06		
6		10.2	81.71	28560	349.52		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 293 kg/cm<sup>2</sup> en 08 horas pero al verificar el diseño de mezclas la cantidad de cemento es de 670 kg/m<sup>3</sup> , lo cual no indica un diseño óptimo para la resistencia que nos dio , para lo cual se corrigió todo el diseño.</li> <li>Se observa que la mezcla presenta exudación por lo que se reducirá la cantidad de superplastificante.</li> </ul>							

#### Diseño de mezcla cemento Tipo I a 08 horas

INSUMOS	PROCEDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento TIPO I	YURA	kg	670.00
Agua	Planta Gloria	L	163.00
Agregado Fino	Poderosa	Kg	647.73
Agregado Grueso	Poderosa	Kg	955.40
Master X-Seed 100 (acelerante)	BASF	Kg	26.8
MasterGlenium 3800 (superplastificante)	BASF	Kg	7.37
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			
Relación a/c		-	0.24
Incidencia arena/piedra		%	42
Master X-Seed 100 (acelerante)		%	4

MasterGlenium 3800 (superplastificante)		%	1.1				
<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b>							
Tiempo ( min)		Slump (pulg)			Temperatura(C)		
0		9			25.2		
15		8.25			24.6		
40		7.5			24.1		
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
Probeta	Edad	Diámetro	Área	Carga	Resistencia	Promedio	% f'c
1	8 horas	10.2	81.71	27890	341.32	338	121%
2		10.18	81.39	27780	341.31		
3		10.195	81.63	27080	331.73		
4	24 horas	10.14	80.75	31420	389.08	384	137%
5		10.12	80.44	30070	373.84		
6		10.2	81.71	31870	390.02		
<b>CONCLUSIONES</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>La resistencia llegó a 338 kg/cm<sup>2</sup> en 12 horas, lo cual cumplió la resistencia requerida y se tomará como nuestro diseño base para la relación a/c=0.24 para el cemento Tipo I.</li> </ul>							







## CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL



### DESCRIPCIÓN

El cemento YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, clasificado como cemento tipo HE según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los más altos estándares de la industria cementera, colaborando con el cuidado del medio ambiente, debido a que en su producción se genera menor cantidad de CO<sub>2</sub> contribuyendo a una reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente hasta lograr un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

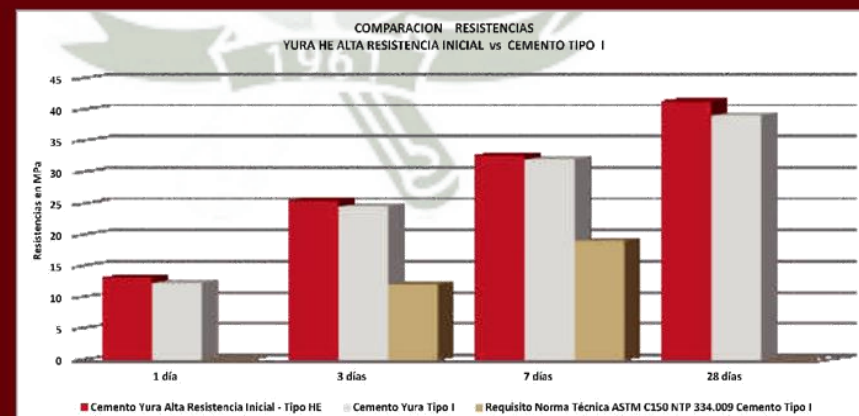
La composición de este producto permite la producción de concretos con requerimientos de altas resistencias iniciales, otorgando propiedades adicionales para lograr alta durabilidad por lo que puede ser utilizado en obras de infraestructura y construcción en general.

### CARACTERÍSTICAS TECNICAS

- Superficie específica Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	-		4400		3000 Mínimo	
- Expansión en autoclave (%)	0.80 Máximo		0.00		0.40 Máximo	
- Fraguado Vitcat Inicial (minutos)	45 Mínimo		170		45 Mínimo	
- Fraguado Vitcat Final (minutos)	420 Máximo		210		375 Máximo	
- Contenido aire Mortero (%)	-		4.50		10.00 Máximo	
1 día	122	12	135 - 145	13.2 - 14.20	12	12
3 días	244	24	252 - 272	24.7 - 26.67	24	24
7 días	-	-	306 - 366	30.0 - 35.90	30	30
28 días	-	-	410 - 435	40.2 - 42.70	40	40

\*EL CEMENTO YURA TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL reemplaza al cemento tipo I, donde esté especificado técnicamente.

### EQUIVALENCIA O CARACTERÍSTICAS SIMILARES A OTROS TIPOS DE CEMENTOS



VERSIÓN DICIEMBRE 2013

PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú  
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Díez Canseco N° 527 - Arequipa  
 TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650  
 www.yura.com.pe

TIPO HE - ALTA RESISTENCIA INICIAL  
TYPE HE - HIGH EARLY STRENGTH



# CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL

## PROPIEDADES

EL CEMENTO YURA TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia inicial.
- Aumento de impermeabilidad
- Resistencia a los sulfatos
- Resistencia a los cloruros
- Menor calor de hidratación
- Disminuye la reacción nociva alcali-agregado (Según grado de reactividad del agregado)
- Mayor plasticidad y trabajabilidad en concretos.

## BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.
- Cemento fabricado con menor emisión de CO<sub>2</sub>

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes  
Impermeables



Protección  
Ocular



Botas  
Impermeables



Protección  
Respiratoria

## ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

## PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsas 42.5 Kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

## NORMAS TECNICAS

EL CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.082	CEMENTO PORTLAND	TIPO HE
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148.0168	CEMENTO PORTLAND PURA ALTA RESISTENCIA	
USA	Norma Americana	ASTM C1157	PORTLAND CEMENT	TIPO HE
Bolivia	Norma Boliviana	NB 013	CEMENTO PORTLAND CON PURA ALTA RESISTENCIA	TIPO HE 40
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE (NEN) 2380	CEMENTO HIDRÁULICO	TIPO HE
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

## DURACIÓN

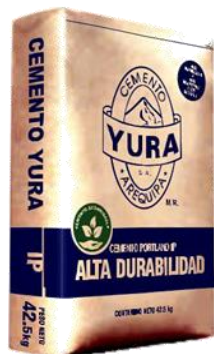
Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN DICIEMBRE 2013

TIPO HE - ALTA RESISTENCIA INICIAL  
TYPE HE - HIGH EARLY STRENGTH

PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú  
OFICINA COMERCIAL: Av. General Díez Canseco N° 527 - Arequipa  
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650  
www.yura.com.pe





## CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD



### DESCRIPCIÓN

El Cemento Portland Puzolánico Yura IP, ALTA DURABILIDAD, es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Puzolánico YURA IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

### LA DURABILIDAD

“Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil”.

### CARACTERÍSTICAS TECNICAS

REQUISITOS QUÍMICOS		Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595
MgO (%)	1.99	6.00 Máx.
SO <sub>3</sub> (%)	1.75	4.00 Máx.
Pérdida por ignición (%)	2.14	5.00 Máx.

REQUISITOS FÍSICOS			Norma NTP 334.090 ASTM C-595			
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.85		-		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.		-	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Mín.		-	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.		-	
Resistencia a la compresión			Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa		
1 días	104	10	-	-	-	-
3 días	199	20	133 Mín.	13	122	12
7 días	247	24	204 Mín.	20	194	19
28 días	342	34	255 Mín.	25	-	-
60 días	397	39	-	-	-	-
Resistencia a los sulfatos						
% Expansión a los 14 días	0.018		-		0.04 Máx.	

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

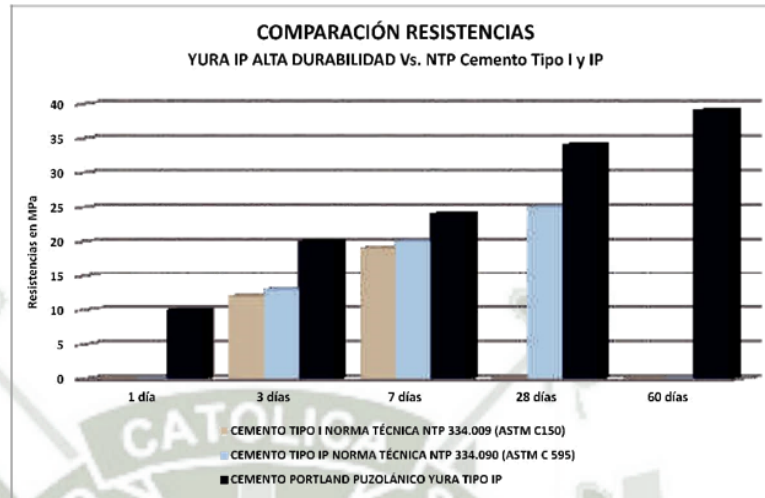
PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú  
OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa  
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650  
www.yura.com.pe

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD



# CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

COMPARATIVO CON  
REQUISITOS DE  
RESISTENCIA DE  
NORMAS TÉCNICAS



TIPO IP – ALTA DURABILIDAD

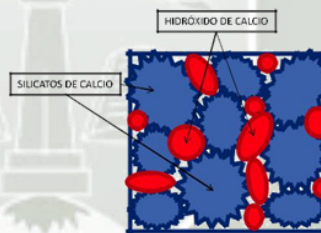
PROPIEDADES

**MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:**

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolana, hacen que el cemento Yura IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

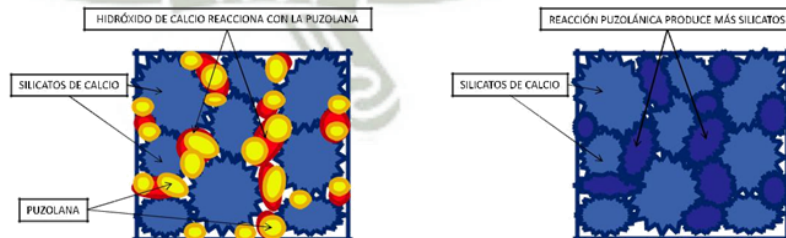
Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

**CON CEMENTO TIPO I**



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25 % es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

**CON CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP**



La puzolana que contiene el cemento YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú  
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa  
 TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650  
 www.yura.com.pe



## CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

### PROPIEDADES

#### RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS:

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio dihidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento Yura Tipo IP es más resistente a los sulfatos y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el cemento Portland Tipo IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.

		Resultado Cemento YURA Tipo V	Requisitos de Norma NTP 334.009 Tipo V
Máximo % de Expansión a los 14 días	0.018	0.029	0.040 Máx.

\* La expansión del cemento YURA IP - ALTA DURABILIDAD, es menor que la del cemento Tipo V y mucho menor al exigido en la norma.

#### MAYOR IMPERMEABILIDAD:

El cemento portland puzolánico YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

#### DISMINUYE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI - AGREGADO:

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos. El cemento Yura tipo IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

#### ENSAYO DE COMPROBACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP QUE INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO.

Comparación de potencial de reactividad alcalina de los cementos tipos I, V y IP según método de la norma ASTM C1260-07



El cemento Yura IP neutraliza esta reacción protegiendo al concreto contra este tipo de ataque.

Días	% Expansión Barr		
	Tipo I	Tipo V	Tipo IP
3 días	0	0.01	0
7 días	0.03	0.07	0
10 días	0.08	0.16	0.01
16 días	0.21*	0.28*	0.02**

\* Los cementos tipo I y V presentan un porcentaje de expansión de 0.20 a los 16 días lo cual se les considera potencialmente dañino.

\*\* Bajo riesgo de expansión en condiciones de campo.

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú  
OFICINA COMERCIAL: Av. General Díez Canseco N° 527 - Arequipa  
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650  
www.yura.com.pe

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD



# CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD

## PROPIEDADES

### MENOR CALOR DE HIDRATACION:

La reacción entre el Hidróxido de Calcio, liberado en la hidratación el cemento, con el aluminato tricálcico(C3A) presente en el cemento, genera gran calor de hidratación. La puzolana al reaccionar con el hidróxido de calcio, inhibe esta reacción, generando menor calor de hidratación, evitando contracciones y fisuraciones que afectan la calidad del concreto, principalmente en obra de gran volumen.

El cemento de Yura tipo IP cumple con el requisito, a los 7 y 28 días, de generar un moderado calor de hidratación. Por lo tanto, puede utilizarse al igual que el cemento Portland tipo II.

## BENEFICIOS AMBIENTALES

Menor consumo energético.  
Cemento fabricado con menor emisión de CO<sub>2</sub>.

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes Impermeables



Protección Ocular



Botas Impermeables



Protección Respiratoria

## ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

## PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsas 42.5 Kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

## NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP - ALTA DURABILIDAD, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

País	Norma Técnica	Código	Nombre del Producto	Tipo
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.090	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PUZOLÁNICO	GRADO CORRIENTE
USA	Norma Americana	ASTM C595	PORTLAND POZZOLAN CEMENT	TYPE IP
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 30
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 490	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Brasil	Norma Brasileña	NBR 5736	CIMENTO PORTLAND POZOLÁNICO	TIPO CP IV 32
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

## DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú  
OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa  
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650  
www.yura.com.pe





## CEMENTO PORTLAND TIPO I

YURA

ASTM C150

NTP 334.009

### REQUERIMIENTOS QUIMICOS:

YURA	ASTM C150
Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub> , %	No Especifica
Oxidos de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	No Especifica
Oxido Ferrico, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	No Especifica
Oxido de Calcio, CaO, %	No Especifica
Óxido de Magnesio, MgO, %	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub> , %	3.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	3.00 Máximo
Residuo Insoluble, R.I.%	0.75 Máximo

### REQUERIMIENTOS FISICOS:

YURA	ASTM C150
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	No Especifica
Finura (Superficie Especifica - Blaine), cm <sup>2</sup> /g	2600 Mínimo
Finura (Retenido malla N° 325 (45 µm)), %	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos	
Tiempo de Fraguado (Inicial)	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	375 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	12.00 Máximo
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Mínimo :
01 día	No Especifica
(165)	-
03 días	12
(292)	(122.33)
07 días	19
(380)	(193.75)
28 días	No Especifica
(482)	-

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes confirmando que este cemento cumple con las especificaciones de las normas NTP 334.009 y ASTM C-150

**Arequipa, 03 de Noviembre 2015**

  
Gonzalo Álvarez Cárdenas  
Jefe de Control de Calidad  
Yura S.A.

Planta: Carretera a Yura km 26, Arequipa - Perú  
Oficinas Comerciales: Av. General Diez Canseco 527, Arequipa - Perú  
Teléfonos: +51 54 225000 / +51 54 222525 / +51 54 221006  
Fax: +51 54 220650  
www.grupogloria.com



**ANEXO 08**

**FICHA TECNICA DE ADITIVO MASTER X-SEED 100**



The Chemical Company

## MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

**Agente activador de la hidratación del cemento para potenciar el desarrollo de resistencias iniciales y finales del hormigón y para proteger el hormigón frente a la corrosión.**

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

MasterX-Seed 100 es una suspensión de nanopartículas de CSH que actúan como núcleo de cristalización facilitando la formación acelerada de gel CSH en la solución.

MasterX-Seed 100 ha sido especialmente diseñado para potenciar el proceso de hidratación del cemento a edades tempranas (6-12h).

MasterX-Seed 100 favorece la consecución de resistencias iniciales del hormigón a cualquier temperatura incluso con curado térmico.

Contrariamente a los acelerantes tradicionales, su tecnología única que permite el desarrollo de cristales entre las partículas de cemento, el desarrollo de resistencias iniciales es mejorado sin afectar a las resistencias finales o incluso mejorándolas y construyendo una microestructura más cerrada que favorece la durabilidad del hormigón.

MasterX-Seed 100 aporta simultáneamente un efecto inhibidor de corrosión que protege las estructuras de hormigón armado contra el ataque por cloruros u otros agentes agresivos que actúan como promotores de la oxidación de las armaduras



La propuesta de valor de MasterX-Seed 100 se puede resumir en varios puntos:

- Proceso eficiente
- Reducción de la energía consumida
- Optimización de materiales
- Alta calidad del hormigón fabricado

La aportación de MasterX-Seed 100 se dirige a cubrir algunos de los requerimientos clave de la industria del hormigón contribuyendo a su mejora. En particular, MasterX-Seed 100 ha sido desarrollado para aportar mejoras productivas, reducir la energía necesaria en el proceso, mejorar la calidad-durabilidad de las piezas de hormigón y hacer una construcción más sostenible.

### CAMPO DE APLICACIÓN

MasterX-Seed 100 está recomendado para cualquier tipo de hormigón y especialmente para elementos estructurales donde se precisen muy altas resistencias iniciales. MasterX-Seed 100 es una alternativa a los métodos tradicionales de curado y destaca por sus prestaciones con temperaturas muy bajas y cementos con poco clinker y baja clase resistente.

### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

MasterX-Seed 100 ofrece los siguientes beneficios:

- Muy altas resistencias iniciales a cualquier temperatura incluso con curado térmico.
- Flexibilidad en la capacidad de producción y optimización de fábrica.
- Incrementa los ciclos de producción (posibilidad de doblar producción).
- Mayor rendimiento de los encofrados por mayor rotación.
- Reducción/eliminación del curado térmico.
- Eliminación del coste de instalaciones de curado y su mantenimiento.
- Permite usar la cantidad mínima de cemento necesaria.
- Permite el uso de cementos con menor cantidad de clinker y menor clase resistente así como el uso de adiciones.
- Actúa como inhibidor de corrosión, incrementando la durabilidad de la estructura.

### MODO DE UTILIZACIÓN

MasterX-Seed 100 es un aditivo líquido listo para ser utilizado. Se añade al hormigón durante el proceso de mezcla, respetando un tiempo de mezclado mínimo para asegurar su dispersión homogénea.

MasterX-Seed 100  
Página 1 de 4  
Edición: 27/03/2014

**MASTER®**  
**BUILDERS**  
SOLUTIONS



The Chemical Company

## MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

**Agente activador de la hidratación del cemento para potenciar el desarrollo de resistencias iniciales y finales del hormigón y para proteger el hormigón frente a la corrosión.**

### DOSIFICACIÓN

La dosificación recomendada es de 2 a 4 litros por 100 kg de cemento.

Dosificaciones diferentes a las recomendadas son posibles con ensayos previos que justifiquen su buen rendimiento.

Se recomienda en cada caso realizar los ensayos oportunos para determinar la dosificación óptima.

### COMPATIBILIDAD

MasterX-Seed 100 es compatible con todas las tecnologías principales de BASF, en particular con:  
Gama MasterGlenium de superplastificantes.  
Agente modificador de la viscosidad MasterMatrix para aumentar la robustez en hormigón autocompactante.  
Gama MasterFinish desencofrantes para facilitar el desmoldeo y mejorar los acabados superficiales.

### PRESENTACIÓN

Se suministra en garrafas de 25 Kg, en contenedores de 1150 kg y a granel en cisterna.

### CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO/ TIEMPO DE CONSERVACIÓN

Almacenar en lugar fresco y seco, con temperaturas superiores a 5° C. Evitar su congelación. Si se congela, podrá reconstituirse mediante agitación mecánica suave.

En caso de almacenamiento prolongado, se aconseja agitar el producto antes de su uso, a fin de homogeneizar el producto.

En estas condiciones puede almacenarse hasta 6 meses en sus envases originales cerrados.

### MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

Para su manipulación deberán observarse las medidas preventivas usuales para el manejo de productos químicos, por ejemplo usar gafas y guantes. Lavarse las manos antes de una pausa y al término del trabajo. No comer, beber y fumar durante la aplicación.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final.

Para más información, consultar la Hoja de seguridad del producto.

### HAY QUE TENER EN CUENTA

Es imprescindible la realización de ensayos previos a la utilización del producto.

No emplear dosificaciones inferiores ni superiores a las recomendadas sin previa consulta con nuestro Departamento Técnico.

No mezclar con otros aditivos sin previa consulta.



The Chemical Company

## MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

**Agente activador de la hidratación del cemento para potenciar el desarrollo de resistencias iniciales y finales del hormigón y para proteger el hormigón frente a la corrosión.**

Propiedades	
Función principal:	Activador de la hidratación del cemento.
Función secundaria:	Inhibidor de la corrosión
Aspecto físico:	Líquido blanco.
Densidad , 20° C:	1,130 ± 0,02 g/cm <sup>3</sup>
pH, 20° C:	10 – 11,4
Viscosidad Brookfield 20° C Sp00/20rpm:	< 275 cps.
Contenido en cloruros:	< 0,1%

Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados. Si se desean los datos de control, pueden solicitarse las "Especificaciones de Venta" a nuestro Departamento Técnico.



MARCADO CE DE PRODUCTO BAJO LA  
DIRECTIVA UE DE PRODUCTOS DE LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

MasterX-Seed 100  
Página 3 de 4  
Edición: 27/03/2014

**MASTER®**  
**BUILDERS**  
SOLUTIONS



The Chemical Company

## MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

**Agente activador de la hidratación del cemento para potenciar el desarrollo de resistencias iniciales y finales del hormigón y para proteger el hormigón frente a la corrosión.**

### NOTA:

La presente ficha técnica sirve, al igual que todas las demás recomendaciones e información técnica, únicamente para la descripción de las características del producto, forma de empleo y sus aplicaciones. Los datos e informaciones reproducidos, se basan en nuestros conocimientos técnicos obtenidos en la bibliografía, en ensayos de laboratorio y en la práctica.

Los datos sobre consumo y dosificación que figuran en esta ficha técnica, se basan en nuestra propia experiencia, por lo que estos son susceptibles de variaciones debido a las diferentes condiciones de las obras. Los consumos y dosificaciones reales, deberán determinarse en la obra, mediante ensayos previos y son responsabilidad del cliente.

Para un asesoramiento adicional, nuestro Servicio Técnico, está a su disposición.

BASF Construction Chemicals España, S.L. se reserva el derecho de modificar la composición de los productos, siempre y cuando éstos continúen cumpliendo las características descritas en la ficha técnica.

Otras aplicaciones del producto que no se ajusten a las indicadas, no serán de nuestra responsabilidad.

Otorgamos garantía en caso de defectos en la calidad de fabricación de nuestros productos, quedando excluidas las reclamaciones adicionales, siendo de nuestra responsabilidad tan solo la de reingresar el valor de la mercancía suministrada.

Debe tenerse en cuenta las eventuales reservas correspondientes a patentes o derechos de terceros.

**Edición: 27/03/2014**

La presente ficha técnica pierde su validez con la aparición de una nueva edición

### CONTACTO

**BASF Construction Chemicals España, S.L.**

Carretera del Mig, 219

08907 L'Hospitalet de Llobregat

Barcelona

Tel: 93 261 61 00

Fax: 93 261 62 19

Basf-cc@basf-cc.es

[www.master-builders-solutions.basf.es](http://www.master-builders-solutions.basf.es)

MasterX-Seed 100  
Página 4 de 4  
Edición: 27/03/2014

**MASTER®**  
**» BUILDERS**  
SOLUTIONS





We create chemistry

## MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

### Aditivo reductor de agua de alto rango para concreto

#### DESCRIPCION:

MasterGlenium SCC 3800 es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

El aditivo MasterGlenium SCC 3800 es muy efectivo en la producción de mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieran el uso de concreto auto compactante (SCC). El uso del aditivo MasterGlenium SCC 3800 proporciona características de fraguado más rápidas como asimismo mejora la resistencia a la compresión inicial.

MasterGlenium SCC 3800 cumple con los requisitos de la norma provisional ASTM C494 /C494 M para aditivos Tipo A, (reductores de agua), y tipo F (reductores de agua de alto rango).

#### USOS RECOMENDADOS:

- ✓ Concretos que requieren una reducción de agua entre 5 a 40%.
- ✓ Aplicaciones donde el control de manejabilidad y tiempos de fraguado sea crítico.
- ✓ Concretos que requieren una fluidez elevada, mayor estabilidad, alta resistencia inicial y final y durabilidad.

(prefabricados, reparaciones de pavimentos de fast-track).

- ✓ Fabricación de mezclas de concreto Rheodinámico y auto compactante (SCC).

#### CARACTERISTICAS:

- ✓ Excelente desarrollo de resistencia inicial.
- ✓ Adecuado control de fraguado.
- ✓ Optimiza la relación de retención de asentamiento / fraguado.
- ✓ Mantiene el aire incorporado consistente.
- ✓ Flexibilidad en la dosificación.

#### VENTAJAS:

- ✓ Menor contenido de agua para una determinada manejabilidad.
- ✓ Rheología controlada.
- ✓ Desarrollo de resistencias iniciales altas.
- ✓ Produce concretos cohesivos y sin segregación.
- ✓ Incrementa la productividad de las operaciones de prefabricados.
- ✓ Desencofrado más rápido debido al desarrollo acelerado de resistencia temprana.
- ✓ Reduce costos de mano de obra en acabado debido a la optimización de los tiempos de fraguado.
- ✓ Minimiza la necesidad de ajuste de asentamiento en la obra.
- ✓ Disminución del concreto rechazado.
- ✓ Optimiza el costo de las mezclas de concreto.



We create chemistry

## MasterGlenium<sup>®</sup> SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

### CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO:

#### Datos de la mezcla

El concreto producido con el aditivo MasterGlenium SCC 3800 alcanza significativamente mayor resistencia en edad temprana que los aditivos reductores de agua de alto rango base policarboxilatos de la primera generación.

MasterGlenium SCC 3800 también permite la obtención de un equilibrio perfecto entre retención de manejabilidad y ciertas características de fraguado que proporcionan la eficiencia en la colocación y acabado del concreto.

### APLICACIÓN:

#### Dosificación:

La dosis que se recomienda usar de MasterGlenium SCC 3800 está en el rango de 800 a 1500 ml/100 kg de cementante. Es posible que sea necesario cambiar la dosificación debido a las variaciones en los materiales de concreto y de las condiciones y/o aplicaciones en la obra. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

#### Mezclado:

El aditivo MasterGlenium SCC 3800, deben adicionarse luego de la tanda inicial de agua y de otros aditivos, de ser el caso.

### ALMACENAMIENTO:

#### Temperatura de almacenamiento:

MasterGlenium SCC 3800 debe almacenarse a temperaturas superiores a los 5°C (40°F). Si MasterGlenium SCC 3800 llega a congelarse, descongele y reconstituya por agitación mecánica.

#### Vida de almacén:

MasterGlenium SCC 3800 tiene una vida útil mínima de 6 meses, la misma que puede prolongarse dependiendo de las condiciones de almacenamiento. En todos los casos el producto deberá ser homogenizado antes de ser usado. Por favor contacte a su representante de BASF en relación al mejor uso y dosificación si el aditivo almacenado excede el tiempo de validez indicado en el envase

### EMPAQUE

MasterGlenium SCC 3800 se suministra en cilindros de 208 l (55 gal).

### Documentos relacionados

Hoja de Seguridad del Material (MSDS)  
MasterGlenium SCC 3800.

### Información adicional

En caso se observe alguna separación de fases en la superficie, esta es normal y no afecta el performance del producto. Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo



We create chemistry

## MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte al representante local de BASF.

*BASF Construction Chemicals es líder en el suministro de aditivos innovadores para concreto de especialidad usado en los mercados*

*de premezclado, prefabricados, productos manufacturados de concreto, construcción subterránea y pavimentos. Los productos de la respetada marca BASF se usan para mejorar la colocación, bombeabilidad, acabado, estética y características de desempeño del concreto.*

### CONTACTO

#### BASF Química Colombia S.A.

Calle 99 # 69C – 32  
Bogotá, D.C. Colombia  
Tel: +57 1 632 20 99  
[www.basf-cc.com.co](http://www.basf-cc.com.co)

#### BASF Venezolana S.A.

Edif. Torreón, Piso 4, Of. 4B  
Av. Veracruz con calle la Guairita,  
Urb. Las Mercedes. Caracas, Venezuela  
Tel : + 58 212 958 6711  
[www.basf-cc.com.ve](http://www.basf-cc.com.ve)

#### BASF Ecuatoriana S.A.

Av. Naciones Unidas 1014  
y Av. Amazonas Edif. La Previsora  
Torre A Piso 2, Quito, Ecuador  
Tel : + 593 2397 9500  
[www.basf-cc.com.ec](http://www.basf-cc.com.ec)

#### BASF AS

Avenida das Nacoes Unidas,  
14.171, Morumbi  
04794-000 Sao Paulo – SP, Brasil  
Tel: +55 11 2718 5507  
[www.basf-cc.com.br](http://www.basf-cc.com.br)

#### BASF Construction Chemicals Ltda.

Rio Palena 9665  
Nucleo Empresarial ENEA  
Santiago de Chile, Chile  
Tel: +56-2 2799 4300  
[www.basf-cc.cl](http://www.basf-cc.cl)

#### BASF Construction Chemicals Peru S.A

Jr. Plácido Jiménez N° 630  
Lima 1.Peru  
Tel: +51-1 219 0630  
[www.basf-cc.com.pe](http://www.basf-cc.com.pe)



BUILDING TRUST



# HOJA TÉCNICA

## Sika® ViscoCrete®-1110 PE

Aditivo superplastificante con retardo

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactantes.

#### USOS

- Es adecuado para la producción de concreto en obra, así como para el concreto pre-mezclado.
- Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
  - Concreto autocompactante.
  - Para concretos bajo agua, sistemas tremie. (la relación agua – material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
  - Concreto para climas cálidos y/o sometidos a trayectos largos o espera antes de su utilización.
  - Concreto de alta reducción de agua (hasta 30%)
  - Concreto de alta resistencia.
  - Inyección de lachada de cementos con alta fluidez.
- La alta reducción de agua y la excelente fluidez tienen una influencia positiva sobre las aplicaciones antes mencionadas.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® ViscoCrete®-1110 PE actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Alta Impermeabilidad.
- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- A dosis altas mantiene el slump por más de dos horas (Hacer pruebas de diseño) Esto puede variar por las condiciones ambientales y el tipo de cemento que use.
- Reduce la carbonatación del concreto.

Hoja Técnica  
Sika® ViscoCrete®-1110 PE  
22.01.15, Edición 4

1/4

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumenta la durabilidad del concreto.</li> <li>▪ Reduce la exudación y la segregación.</li> <li>▪ Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.</li> </ul> <p>Sika® ViscoCrete®-1110 PE no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.</p>
<b>NORMAS</b>	<b>ESTÁNDARES</b>
	Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo G y ASTM C-1017
<b>DATOS BÁSICOS</b>	
<b>FORMA</b>	<p><b>COLORES</b> Marro claro a marrón oscuro</p> <p><b>ASPECTO</b> Líquido</p> <p><b>PRESENTACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Granel x 1 L.</li> <li>▪ Cilindro x 200 L.</li> </ul>
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> 12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<p><b>DENSIDAD</b> 1,06 kg/L ± 0,01</p> <p><b>USGBC VALORACIÓN LEED</b></p> <p>Sika® ViscoCrete®-1110 PE cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC &lt; 420 g/L (menos agua)</p>
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento.</li> <li>▪ Para concretos fluidos y autocompactantes: 1% - 2 % cm<sup>3</sup> por kilogramo de cemento.</li> </ul>
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE EMPLEO</b>
	<p>Sika® ViscoCrete®-1110 PE se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo.</p> <p>Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 60 segundos del tiempo de mezclado.</p> <p>Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos.</p> <p>El uso de Sika® ViscoCrete®-1110 PE garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete®-1110 PE debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos.</p> <p>El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® S.</p>

Hoja Técnica  
Sika® ViscoCrete®-1110 PE  
22.01.15, Edición 4

2/4

BUILDING TRUST



**IMPORTANTE**

**PARA CONCRETOS FLUIDOS Y CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES.**

Sika® ViscoCrete®-1110 PE también puede usarse para concretos fluidos y autocompactantes mediante la utilización de dosificaciones especiales de mezclado.

Cuando el Sika® ViscoCrete®-1110 PE está Congelado.

Descongelarlo lentamente a temperatura ambiente y mezclarlo en forma intensiva.

**COMBINACIONES.**

Sika® ViscoCrete®-1110 PE puede combinarse con los siguientes productos Sika: Sika® - 1, Sika® CNI, Sika® Fume y SikaAer®, entre otros.

Se recomienda realizar un ensayo previo si se realizan combinaciones de varios de los productos antes mencionados. Favor consultar a nuestro servicio técnico.

**PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

**ECOLOGÍA**

No desechar en vías acuáticas ni en el suelo. Cumplir las normas locales al respecto.

**TOXICIDAD**

No tóxico según los códigos suizos vigentes sobre salud y seguridad.

**NOTAS LEGALES**

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 3  
la misma que deberá ser destruida”**

Hoja Técnica  
Sika® ViscoCrete®-1110 PE  
22.01.15, Edición 4

3/4

**BUILDING TRUST**



PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® ViscoCrete®-1110 PE :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



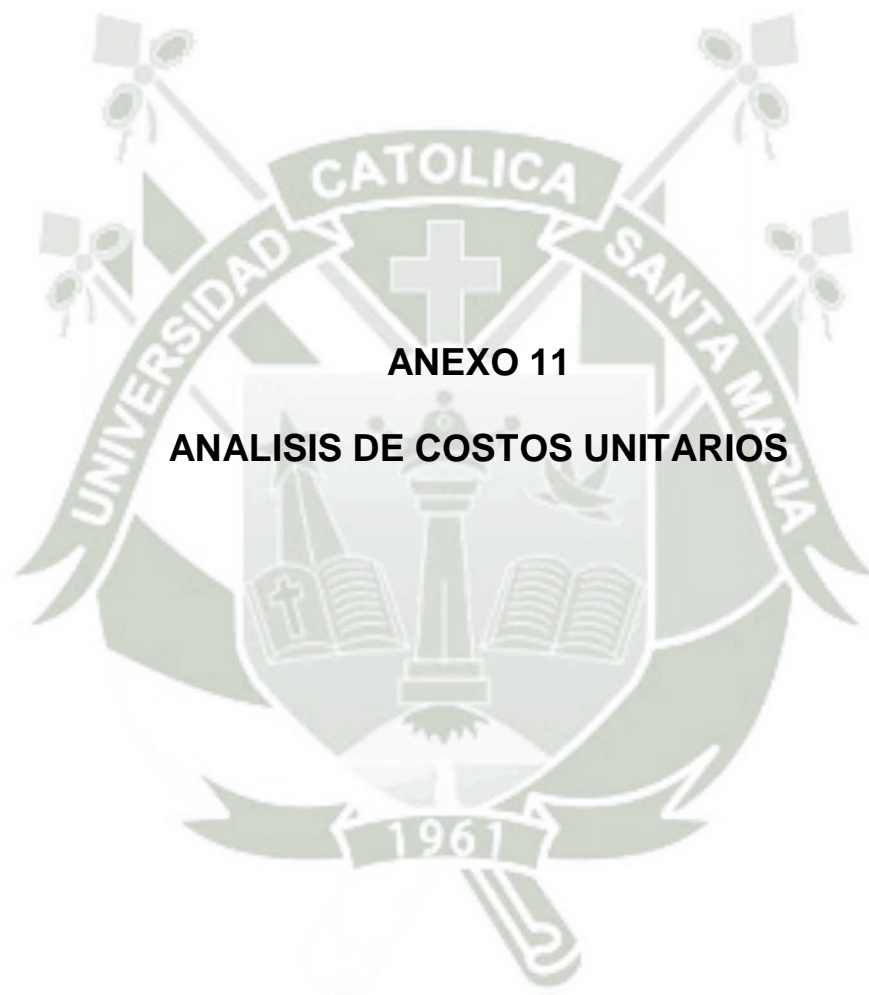
Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro Industrial "Las Praderas  
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y  
6, Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
Sika® ViscoCrete®-1110 PE  
22.01.15, Edición 4

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.  
CG, Departamento Técnico  
Telf: 618-6060  
Fax: 618-6070  
Mail: [información@pe.sika.com](mailto:información@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.



<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					
<b>TRAZO NIVEL Y REPLANTEO</b>					
Rendimiento : 500 m2 /día					
Unidad: m2					
<b>DESCRIPCION DEL RECURSO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>MATERIALES</b>					
CLAVOS 3"	KG.	0,005	4,120	0,021	
YESO (20 KG.)	BOL	0,025	6,520	0,163	
WINCHA	UND	0,001	30,000	0,030	
MADERA TORNILLO	P2	0,026	2,930	0,077	
ESMALTE SINTETICO BLANCO	GLN	0,002	65,350	0,131	0,422
<b>MANO DE OBRA</b>					
TOPOGRAFO	HH	0,0160	13,80	0,22	
CAPATAZ	HH	0,0016	19,18	0,03	
OFICIAL	HH	0,0160	15,90	0,25	
PEON	HH	0,0480	14,30	0,69	1,19
<b>MAQUINARIA</b>					
JALON	Hra	0,0320	0,75	0,02	
TEODOLITO	Hra	0,0160	9,62	0,15	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,0000	1,01	5,05	5,23
<b>TOTAL</b>					<b>6,84</b>

<b>DEMOLICION DE PAVIMENTO EN MAL ESTADO</b>					
Rendimiento: 4 m3 /día					
Unidad: m3					
<b>DESCRIPCION DEL RECURSO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ (E)	HH	0,200	19,18	3,836	
OFICIAL (E)	HH	4,000	15,9	63,6	

PEON (E)	HH	2,000	14,3	28,6	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO (E)	HH	4,000	15,88	63,52	159,556
<b>MAQUINARIA</b>					
COMPRESORA NEUMÁTICA 76 HP 125-175 PCM	HM	0,080	52,45	4,196	
MARTILLO MEUMÁTICO 21-24 KG	HM	0,160	5,22	0,8352	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,000	9,62	0,481	5,5122
<b>TOTAL</b>					<b>165,0682</b>

<b>ELIMINACION DE DESMONTE CON EQUIPO</b>					
Rendimiento: 384 m3 /día					
Unidad: m3					
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0021	19,18	0,04	
PEON	HH	0,0417	14,30	0,60	0,64
<b>MAQUINARIA</b>					
CAMION VOLQUETE 210 HP x 6 M3	HM	0,083	151,21	12,60	
CARGADOR F. SOBRE ORUGAS 135 HP 2.2 Y3	HM	0,021	189,18	3,93	
HERRAMIENTAS	% M.O.	3,000	0,52	1,56	18,09
<b>TOTAL</b>					<b>18,73</b>

<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
<b>CORTE SUPERFICIAL CON EQUIPO e=20 cm</b>					
Rendimiento: 1000 m2 /día					
Unidad: m2					
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					

CAPATAZ	HH	0,0080	19,18	0,15	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	0,016	15,88	0,25408	
PEON	HH	0,0160	14,30	0,23	0,64
<b>MAQUINARIA</b>					
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,00	0,64	0,03	0,03
EXCAVADORA 222HP	HM	0,01	149,21	1,19	1,19
<b>TOTAL</b>					<b>1,86</b>

<b>PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE</b>					
Rendimiento:	12000 m2 /día				
Unidad:	m2				
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					
AGUA	M3	0,0500	34,92	1,75	1,75
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0067	19,18	0,13	
PEON	HH	0,0667	14,30	0,95	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	0,0667	15,88	1,06	2,14
<b>MAQUINARIA</b>					
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA 5.8 HP	HM	0,0667	20,20	1,35	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,0000	1,93	0,10	1,44
<b>TOTAL</b>					<b>5,33</b>

<b>SUB BASE ESTABILIZADA C.B.R.&gt;40</b>	
Rendimiento:	120.00 m2 /día
Unidad:	m2

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					
MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB BASE	M3	1,250	14,93	18,66	
AGUA	M3	0,0500	0,80	0,04	18,70
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ (E)	HH	0,0067	19,18	0,11	
PEON (E)	HH	0,0667	14,30	0,76	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	0,0667	15,88	1,06	
					1,93
<b>MAQUINARIA</b>					
RODILLO LISO VIBR,AUTOP 70-100HP	HM	0,005	91,07	0,49	
MOTONIVELADORA 180-200 HP	HM	0,005	113,99	0,61	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,0000	1,93	0,10	1,19
<b>TOTAL</b>					<b>21,82</b>

<b>BASE ESTABILIZADA C.B.R.&gt;60</b>					
Rendimiento:	120.00 m2 /día				
Unidad:	m2				
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					
MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE (e=25m)	M2	1,2000	20,42	24,50	
AGUA	M3	0,1800	34,92	6,29	30,79
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0067	19,18	0,13	
PEON	HH	0,0667	14,30	0,95	

OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO (E)	HH	0,0033	15,88	0,05	1,13
<b>MAQUINARIA</b>					
RODILLO LISO VIBR,AUTOP 70-100HP	HM	0,007	91,07	0,61	
MOTONIVELADORA 180-200 HP	HM	0,007	113,99	0,76	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,0000	1,93	0,10	0,86
<b>TOTAL</b>					<b>32,79</b>
<b>ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE</b>					
Rendimiento: 384 m3 /día					
Unidad: m3					
<b>DESCRIPCION DEL RECURSO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0021	19,18	0,04	
PEON	HH	0,0417	14,3	0,60	0,52
<b>MAQUINARIA</b>					
CAMION VOLQUETE 210 HP x 6 M3	HM	0,0833	151,21	12,60	
CARGADOR F. SOBRE ORUGAS 135 HP 2.2 Y3	HM	0,0208	189,18	3,93	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,0000	0,52	0,03	16,56
<b>TOTAL</b>					<b>17,08</b>

<b>PAVIMENTOS</b>					
<b>CURADO DEL PAVIMENTO</b>					
Rendimiento: 40 m2 /día					
Unidad: m2					
<b>DESCRIPCION DEL RECURSO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
PEON	HH	0,0250	14,30	0,36	
<b>MAQUINARIA</b>					

MANTAS DE FIBRA DE VIDRIO	HH	0,0125	80,00	1,00	
<b>TOTAL</b>					<b>1,36</b>

**TRANPORTE**

**TRANSPORTE DE AGREGADO GRANULAR PARA CONCRETO**

Rendimiento: 400 m3K /día

Unidad: m3 K

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MAQUINARIA</b>					
CAMION VOLQUETE 15 M3	HH	0,02	95,00	1,90	
<b>TOTAL</b>					<b>1,90</b>

**TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE**

Rendimiento: 400 m3 K /día

Unidad: m3 K

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CONTROLADOR OFICIAL	HH	0,0136	13,30	0,18	
<b>MAQUINARIA</b>					
CARGADOR FR,160- 195HP 3.5	HH	0,0136	93,80	1,28	
CAMION VOLQUETE 15 M3	HH	0,02	95,00	1,90	3,18
<b>TOTAL</b>					<b>3,36</b>

**TRANSPORTE DE MEZCLA DE CONCRETO**

Rendimiento: 950 m3K /día

Unidad: m3 K

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					

CONTROLADOR OFICIAL	HH	0,0065	13,30	0,09	
<b>MAQUINARIA</b>					
CAMION MIXER	HH	0,016	95,00	1,52	1,52
<b>TOTAL</b>					<b>1,61</b>

<b>TRANSPORTE DE MATERIALES PETREOS</b>					
Rendimiento: 850 m3K /día					
Unidad: m3 K					
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
OFICIAL	HH	0,0099	15,88	0,16	
<b>MAQUINARIA</b>					
CAMION VOLQUETE 15 M3	HH	0,02	95,00	1,90	
<b>TOTAL</b>					<b>2,06</b>
<b>TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE</b>					
Rendimiento: 400 m3K /día					
Unidad: m3 K					
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CONTROLADOR OFICIAL	HH	0,0136	13,30	0,18	
<b>MAQUINARIA</b>					
CARGADOR FR,160-195HP 3.5	HH	0,0136	93,80	1,28	
CAMION VOLQUETE 15 M3	HH	0,02	95,00	1,90	3,18
<b>TOTAL</b>					<b>3,36</b>
<b>TRANSPORTE DE MEZCLA DE ASFALTO</b>					
Rendimiento: 950 m3K /día					
Unidad: m3 K					

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CONTROLADOR OFICIAL	HH	0,0065	13,30	0,09	
<b>MAQUINARIA</b>					
CAMION MIXER	HH	0,018	95,00	1,71	1,71
<b>TOTAL</b>					<b>1,80</b>

**SEÑALIZACION**

**SEÑALES PREVENTIVAS**

Rendimiento: 8 und/día  
Unidad: Und

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					
POSTES DE SEÑALES	UND	1,0000	200,00	10	
INSTALCION DE SEÑAL	UND	0,5000	38,00	19,00	29,00
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	1,0000	19,18		
PEON	HH	2,0000	14,30	28,60	28,60
<b>TOTAL</b>					<b>57,60</b>

**PINTURA DE TRAFICO**

Rendimiento: 300 M2/día  
Unidad: M2

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					
PINTURA PARA TRAFICO	GAL	0,1100	35,00	3,85	
THINNER	GAL	0,1000	20,00	2,00	5,85
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0027	19,18	0,05	
PEON	HH	0,0533	14,30	0,76	

OPERARIO	HH	0,0266	15,88	0,42	1,24
<b>MAQUINARIA</b>					
EQUIPO PARA PINTAR MARCAS EN EL PAVIMENTO	HH	0,0010	65,00	0,07	
HERRAMIENTAS	HH	5,0000	1,24	0,06	0,13
<b>TOTAL</b>					<b>7,21</b>

**PAVIMENTOS**

**CURADO DEL PAVIMENTO**

Rendimiento: 40 m2 /día

Unidad: m2

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
PEON	HH	0,0250	14,30	0,36	
<b>MAQUINARIA</b>					
MANTAS DE FIBRA DE VIDRIO	HH	0,0125	80,00	1,00	
<b>TOTAL</b>					<b>1,36</b>

**CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE MAC-2**

Rendimiento: 450 m2 /día

Unidad: m2

DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					
PETROLEO D-2	GAL	3,8000	11,93	45,33	
ASFALTO PEN 85-100	GAL	10,0000	9,70	97,00	
FLETE DE CEMENTO ASFALTICO	GAL	33,0000	0,78	25,74	
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	M3	0,5600	45,00	25,20	
ARENA GRUESA	M3	0,6400	50,00	32,00	
FILLER	KG	37,0000	0,36	13,32	238,59

<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0088	19,18	0,17	
PEON	HH	0,1770	14,30	2,53	
OFICIAL	HH	0,1200	15,88	1,91	4,605
<b>MAQUINARIA</b>					
RODILLO TANDEM EST 8-10 TON	HH	0,0177	100,00	1,77	
COMPRESORA NEUMATICA 700-800 PCM 240 HP	HH	0,0088	60,00	0,53	
GRUPO ELECTROGENO DE 75 KW	HH	0,0177	35,00	0,62	
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 115 TON	HH	0,0177	64,00	1,13	
FINISHER Y/O TERMINADORA	HH	0,0177	120,00	2,12	
SECADOR DE ARIDOS 2M 70 HP 115 TON	HH	0,0177	43,00	0,76	
CARGADOR FR. S/LLANTAS 125- 155HP	HH	0,0177	154,00	2,73	
RODILLO LISO VIBRADOR AUTOP. 100-135 HP 10-12 T	HH	0,0177	91,07	1,61	
RODILLO NEUMATICO AUTOP.125-155 HP 8- 13 T	HH	0,0177	98,05	1,74	
HERRAMIENTAS	HH	5,0000	4,61	0,23	13,24
<b>TOTAL</b>					<b>256,44</b>

<b>IMPRIMACION</b>					
Rendimiento:	7500 m2 /día				
Unidad:	m2				
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					

ASFALTO LIQUIDO MC-30	GAL	0,3200	10,86	3,48	
FLETE DE ASFALTO LIQUIDO MC	GAL	0,3200	1,30	0,42	
AGREGADO FINO PARA ASFALTO	M3	0,0085	23,76	0,20	4,09
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0005	19,18	0,01	
PEON	HH	0,0043	14,30	0,06	
OFICIAL	HH	0,0011	15,88	0,02	0,09
<b>MAQUINARIA</b>					
TRACTOR DE TIRO DE 63 HP	HM	0,0011	50,00	0,06	
CAMION IMPRIMADOR 6X2 170-210 1800 GAL	HM	0,0011	115,13	0,13	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG	HM	0,0011	29,90	0,03	
HERRAMIENTA	% M.O.	5,0000	0,09	0,004	0,22
<b>TOTAL</b>					<b>4,40</b>

<b>RIEGO DE LIGA</b>					
Rendimiento: 8000 m2 /día					
Unidad: m2					
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MATERIALES</b>					
ASFALTO LIQUIDO MC-30	GAL	0,0300	10,86	0,33	
FLETE DE ASFALTO LIQUIDO MC	GAL	0,0300	1,30	0,04	0,36
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0005	19,18	0,01	
PEON	HH	0,0020	14,30	0,03	
OFICIAL	HH	0,0005	15,88	0,01	0,046

<b>MAQUINARIA</b>					
TRACTOR DE TIRO DE 63 HP	HH	0,0010	50,00	0,052	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG	HH	0,0010	29,90	0,031	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,0000	0,05	0,002	0,085
<b>TOTAL</b>					<b>0,50</b>
<b>CONCRETO FAST TRACK Fc&gt; 280kg/cm2</b>					
<b>Rendimiento: 60.00 m3 /día</b>					
Unidad: m3					
DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0,0640	19,18	1,23	
OPERARIO	HH	0,6400	14,37	9,20	
PEON	HH	2,5600	14,30	36,61	
OPERADOR DE EQUIPO	HH	0,6400	15,88	10,16	57,20
<b>MAQUINARIA</b>					
VIBRADOR PARA CONCRETO 4 HP x 1.50"	HM	0,3200	4,71	1,51	
Mixer	HM	0,0177	500,00	8,85	
HERRAMIENTAS	% M.O.	5,0000	57,89	2,89	13,25
<b>TOTAL</b>					<b>70,45</b>

Nota: Debido que el concreto Fast Track es un concreto especial, su rendimiento es más alto que uno tradicional, por ello se tomó el rendimiento de referencia el artículo de "**Carreteras de tráfico rápido y tráfico pesado**" publicado por el Ingeniero *José A. Camposano Luque (Quito Ecuador)*.