



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

“DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO”.

AUTORES:

MARIO ADOLFO CÓRDOVA MACHADO.

JOSÉ LUIS PORTUGAL PAREDES.

TUTOR:

ING. JAVIER PALACIOS.

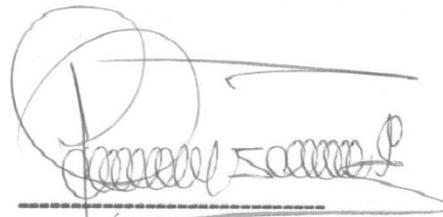
Riobamba - Ecuador

2014

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Yo, Ing. Javier Palacios, en mi calidad de Tutor de la Tesis, cuyo tema es: "DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO", CERTIFICO: que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a los Sres. Mario Adolfo Córdova Machado y José Luis Portugal Paredes, para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su tesis.

Atentamente:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Javier Palacios', written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a large circular flourish at the beginning.

Ing. Javier Palacios.

TUTOR DE TESIS

CALIFICACIÓN

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: “Determinación Y Obtención De La Curva Esfuerzo Vs Tiempo De Un Concreto De Alta Resistencia Mediante Aditamento De Microsilice Y Superplastificantes En La Mezcla, Utilizando Agregados, De La Cantera Flores Y Cemento Chimborazo”, presentado por José Luis Portugal Paredes–Mario Adolfo Córdova Machado, y dirigida por Ing. Javier Palacios.

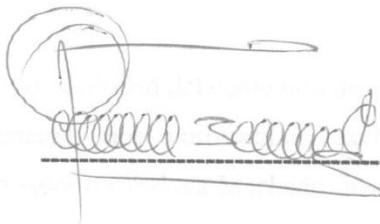
Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes.
PRESIDENTE.



Ing. Javier Palacios.
DIRECTOR.



Ing. Alexis Martínez.
MIEMBRO TRIBUNAL.



AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Mario Adolfo Córdova Machado–José Luis Portugal Paredes y del Director del Proyecto Ing. Javier Palacios; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

AGRADECIMIENTO

Mi fervoroso agradecimiento a mi Esposa la cual con amor y sacrificio, supo dar vigor a mi espíritu.

Gracias a mis padres, que significan un ejemplo de superación, estabilidad familiar y la perfecta entrega de amor.

A mi suegra por su incomparable apoyo brindado durante todo este proceso.

José Luis Portugal Paredes.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios quien me ha dado la fortaleza para estudiar mi segunda carrera profesional, a mis dos hijos que me han servido de inspiración para llegar a concluir mis estudios, a mis padres quienes con sus consejos me han guiado, orientado para concluir con este objetivo planteado y a mi esposa por respaldarme en las decisiones que he tomado para el bienestar de mi familia.

Mario Adolfo Córdova Machado.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi Esposa, por su incomparable apoyo, amor y comprensión, y a mi Hija quienes son la inspiración de mi vida.

A mis padres y hermanas(os), que con amor y sacrificio, supieron motivarme intelectual y espiritualmente para culminar mis estudios superiores, obtener un título y así asegurarme una vida digna y ejemplarizada.

José Luis Portugal Paredes.

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a mis hijos Marito y Doménica ya que ellos son la fuente de vida e inspiración para llegar a terminar mis estudios.

Mario Adolfo Córdova Machado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	iii
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
2.1. Generalidades.	3
2.1.1. Factores que influyen en la obtención de altas resistencias.	3
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.3.1. Objetivos generales.	5
2.3.2. Objetivos específicos.....	5
2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.5. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	6

CAPÍTULO II

2. GENERALIDADES	8
2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	8
2.1.2. Acceso al área.....	9
2.1.3. Descripción de la población.	9
2.1.4. Educación.	10
2.2. GEOMORFOLOGÍA.....	10
2.2.1. Clima.....	10
2.3. TOPOGRAFÍA.....	11
2.3.1. USO DEL SUELO.....	11
2.3.2. GEOLOGÍA.....	11
2.3.3. OROGRAFÍA.....	12

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO.....	13
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
3.2. BASES TEÓRICAS.....	14
3.2.1. Cemento Portland.....	14
3.2.2. Agregados.....	15
3.2.2.1. Agregado Grueso.....	16
3.2.2.1. Agregado Fino.....	18
3.2.3. Aditivo.....	19
3.2.3.1. Microsilices.....	19
3.2.3.2.1.1. Producción.....	20
3.2.3.2.1.2. Características de las microsilices.....	20
3.2.3.2.1.3. Empleo de microsilices en el concreto.....	21
3.2.3.2. Aditivos químicos.....	21
3.3. Características de los concretos.....	21
3.3.1. Calidad del concreto.....	24
3.4. ENSAYOS DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA.....	25
3.4.1. Bases legales.....	25
3.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	26

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGÍA.....	29
4.1. TIPO DE ESTUDIO.....	29
4.1.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	29
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
4.2.1. Población.....	31
4.2.2. Muestra.....	31
4.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	32
4.3.1 Variables.....	32
4.3.2 Operacionalización de las variables.....	32
4.4. PROCEDIMIENTOS.....	33
4.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
4.4.2. Técnicas de recolección de datos.....	33
4.4.3. Instrumentos de recolección de datos.....	34
4.4.4. Flujograma de la metodología de trabajo.....	34
4.4.5. Procedimientos investigación.....	35
4.5. Procedimiento y análisis.....	36

4.5.1. ENSAYO DE LOS MATERIALES.....	38
4.5.2. CEMENTO “CHIMBORAZO”	38
4.5.2.1. MUS (Masa unitaria suelta).....	39
4.5.2.2. Determina de la densidad cemento Chimborazo.	40
4.5.3. Agua.	41
4.5.4. Agregados.....	43
4.5.4.1. MUS (Masa unitaria suelta) Agregado fino.	43
4.5.4.2. MUS (Masa unitaria suelta) Agregado grueso.....	44
4.5.4.3. Peso específico del agregado fino.....	45
4.5.4.4. Peso específico del agregado grueso.....	47
4.5.4.5. Capacidad de absorción del agregado fino.	49
4.5.4.6. Capacidad de absorción del agregado grueso.	50
4.5.4.7. Densidad óptima de agregados.	51
4.5.4.8. Contenido de humedad de agregados - Fino y Grueso.	53
4.5.4.9. Análisis granulométrico del agregado fino.....	54
4.5.4.10. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	55
4.5.4.11. Colorimetría.	56

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	59
5.1. Procedimiento de diseño de mezcla de concreto de alta resistencia (CAR)...	59
5.2. Seleccionar el asentamiento y la resistencia del concreto requerido.....	59
5.2.1. Seleccionar el tamaño máximo del agregado.	60
5.2.2. Seleccionar el contenido de agregado grueso.....	60
5.2.3. Estimar el agua de mezcla y el contenido de aire.....	61
5.2.4. Seleccionar la relación agua/material cementicos.	62
5.2.5. Cálculo del contenido de material cementico.....	65
5.2.6. Proporcionamiento de la mezcla de prueba base.....	65
5.2.7. Mezclas de pruebas.....	65
5.2.8. Ajustes de las proporciones de la mezcla.	65
5.2.9. Selección de la mezcla óptima.	66
5.2.10. Cálculo experimental del diseño de las mezcla de concreto de alta resistencia (CAR).	66

5.2.11. Procedimiento de refrendado de especímenes cilindros de concreto.	75
5.3. RESULTADOS.	75
5.3.1. GENERALIDADES.	76
5.3.2. REQUISITOS DE LOS ENSAYOS:	76

CAPITULO VI

6. DISCUSIÓN.....	95
6.1. VALIDEZ EXTERNA.	97

CAPITULO VII

7.1. CONCLUSIONES.....	98
7.2. RECOMENDACIONES	99

CAPITULO VIII

8. PROPUESTA.....	100
8.1. Título de la propuesta.	100
8.2. Introducción.....	100
8.3. Objetivos.....	101
8.4. Fundamentación científica – técnica.	101
8.5. Descripción de la propuesta.....	103
8.6. Consideraciones Económicas.	118
8.7. Diseño organizacional.	122
8.8. Monitoreo y evaluación del proyecto.	123

CAPÍTULO IX

9.1. BIBLIOGRAFÍA.....	124
-------------------------------	------------

CAPITULO X

10.1. APÉNDICES Y ANEXOS	125
---------------------------------------	------------

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1: Factor k de acuerdo a número de ensayos.	37
Tabla 2: Resultados de colorimetría.....	58
Tabla 3: SLUMP (asentamiento) recomendado para concretos de alta resistencia con y sin superplastificantes.....	60
Tabla 4: Tamaño máximo del agregado grueso.	60
Tabla 5: Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto.	61
Tabla 6: Requerimientos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire del concreto.	62
Tabla 7: Resistencia promedio deberá ser reajustada para usar esta tabla con un valor de 0,9.....	63
Tabla 8: Relación agua/material cementicos para concretos con superplastificantes.....	64
Tabla 9: Datos de materiales a intervenir.....	68
Tabla 10: Propiedades de los materiales por m ³	69
Tabla 11: Proporciones de la mezcla en peso.	70
Tabla 12: Proporciones de la mezcla usando cemento y microsilice.....	70
Tabla 13: Proporción de los materiales por m ³	71
Tabla 14: Volumen del agregado fino por m ³	71
Tabla 15: Proporción de la mezcla en peso <i>kg/m³</i>	71
Tabla 16: Pesos corregidos de los materiales en <i>kg/m³</i>	72
Tabla 17: Datos de los cilindros.....	72
Tabla 18: Pesos de los materiales para elaborar la Mezcla 1.....	73
Tabla 19: Pesos corregidos de los materiales en <i>kg/m³</i>	74
Tabla 20: Datos de los cilindros.....	74
Tabla 21: Pesos de los materiales para elaborar la Mezcla 2.....	74
Tabla 22: Materiales del concreto de alta resistencia.....	76
Tabla 23: Masa unitaria Suelta del Cemento.	78
Tabla 24: Peso Específico del Cemento.....	79
Tabla 25: Contenido de Humedad del agregado Grueso.	80
Tabla 26: Peso Específico del agregado Grueso.	82

Tabla 27: Masa Unitaria Suelta del agregado Grueso.....	83
Tabla 28: Masa Unitaria Compactada del agregado Grueso.....	84
Tabla 29: Granulometría del agregado Grueso.	85
Tabla 30: Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	86
Tabla 31: Peso Específico del Agregado Fino.	87
Tabla 32: Capacidad de Absorción del Agregado Fino.	88
Tabla 33: Masa Unitaria Suelta del Agregado Fino.....	89
Tabla 34: Masa Unitaria Compactada del Agregado Fino.....	90
Tabla 35: Granulometría del Agregado Fino.	91
Tabla 36: Resultado de Ensayos Mezcla 1.....	92
Tabla 37: Resultado de Ensayo Mezcla 2.	93
Tabla 38: Resultado de Ensayo Mezcla 3.	94
Tabla 39: Proporción de los materiales.....	106
Tabla 40: Proporción de mezcla en peso.....	106
Tabla 41: Proporción de mezcla usando microsilice y cemento.....	107
Tabla 42: Proporción de los materiales.....	107
Tabla 43: Volumen del agregado fino.....	107
Tabla 44: Proporción de la mezcla.....	107
Tabla 45: Peso corregidos de los materiales.	108
Tabla 46: Moldes Cilindros.....	109
Tabla 47: Pesos de los Materiales.	109
Tabla 48: Resistencia a los 7 días.	110
Tabla 49: Resistencia a los 14 días.	111
Tabla 50: Resistencia a los 21 días.	112
Tabla 51: Resistencia a los 28 días.	113
Tabla 52: Curva Resistencia vs Tiempo.	114
Tabla 53: Curva Característica del concreto.	115
Tabla 54: Esfuerzo - Deformación.....	116
Tabla 55: Resistencia Ideal.	117
Tabla 56: Análisis de Precios Unitarios 50 MPa.	119
Tabla 57: Análisis de Precios Unitarios 21 MPa.	120
Tabla 58: Diseño de Propuesta.....	122

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. 1. Mapa de la zona de estudio.	8
Ilustración 3. 1 Diferentes resistencias del hormigón en función del tamaño del agregado.	17
Ilustración 3. 2 Materia Prima Agregado Grueso $\frac{3}{4}$ Pulgada.	18
Ilustración 3. 3 Materia Prima Agregado Fino.	19
Ilustración 4. 1 Flujograma de la metodología empleada en la investigación.	35
Ilustración 4. 2 Presentación de un saco de 50 kg cemento Chimborazo.	39
Ilustración 4. 3 Instrumental para determina el Peso Específico del cemento.	40
Ilustración 4. 4 Instrumental para determina la MUS del A. Fino.	44
Ilustración 4. 5 Instrumental para determinar la MUS del A. Grueso.	45
Ilustración 4. 6 Instrumental para el Peso Específico del A. fino.	46
Ilustración 4. 7 Instrumental para determinar peso específico del A. grueso.	48
Ilustración 4. 8 Instrumental para la capacidad de absorción del A. fino.	49
Ilustración 4. 9 Instrumental para la capacidad de absorción del A. grueso.	50
Ilustración 4. 10 Instrumental: densidad óptima de agregados.	51
Ilustración 4. 11 Instrumental: Contenido de humedad A. fino.	53
Ilustración 4. 12 Tamizadora con serie de tamices para áridos finos.	54
Ilustración 4. 13 Tamizadora con serie de tamices para áridos Gruesos.	55
Ilustración 4. 14 Serie de colores Gardner.	56
Ilustración 4. 15 Instrumentos Colorimetría del agregado fino.	57
Ilustración 5. 1 Instrumentos de ensayo para refrendado.	75
Ilustración 5. 2 Tipos de fallas de los cilindros.	92
Ilustración 5. 3 Tipos de fallas de los cilindros.	93
Ilustración 5. 4 Tipos de fallas de los cilindros.	94
Ilustración 8. 1 Tipos de fallas de los cilindros.	
118	
Ilustración 8. 2 Organigrama del concreto.	122

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

- MUS:** Masa unitaria suelta.
- MUc:** Masa unitaria compactada.
- PE:** Peso específico.
- CA:** Capacidad de absorción.
- MF:** Módulo de finura.
- A.Fino:** Agregado Fino.
- A. Grueso:** Agregado Grueso.
- DSSS (mezcla):** Densidad de la mezcla.
- DSSS (A.F):** Densidad del agregado fino.
- DSSS (A.G):** Densidad del agregado grueso.
- %VAC:** Porcentaje de vacíos.
- CC:** Cantidad de cemento.
- DSSS (A.F):** Densidad del agregado fino.
- DSSS (A.G):** Densidad del agregado grueso.
- Mez:** Mezcla.
- Rec:** Recipiente.
- A/C:** Relación agua – cemento.
- δ:** Desviación Standard.
- N:** Número total de ensayos.
- INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- f_c:** Resistencia del concreto a compresión.
- MPa:** Mega pascales.
- kg/cm²:** Kilogramo por centímetro cuadrado.
- Σxi:** Sumatoria de cada uno de los ensayos.
- ACI:** American Concrete Institute.
- ASTM:** American Society for testing and Material.
- NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana.
- INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- CAR:** Concreto de Alta Resistencia.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación presenta lo concerniente a un concreto de alta resistencia que, aunque no es muy aplicado en forma tradicional, es de suma importancia para la evolución estructural de grandes edificaciones o de diferentes estructuras como, puentes, vías, y otros.

Se presenta un diseño basado en el método propuesto por el comité ACI 211.4 para una mezcla de concreto de alta resistencia a compresión a los 28 días de 50 MPa utilizando agregados de la Cantera Flores del cantón de Riobamba , cemento Chimborazo, microsílíce “SikaFume” y superplastificantes “Sika ViscoCrete 2100”.

En el desarrollo de la investigación, se realizara distintas mezclas de comparación utilizando diferentes porcentajes de microsílíce “SikaFume” y superplastificantes “Sika ViscoCrete 2100” para determinar las cantidades óptimas a utilizarse en el diseño, estas mezclas se comprobaran mediante ensayos de laboratorios.

Una vez realizado los distintos ensayos en el laboratorio con las mezclas se procederá a un diseño definitivo con las proporciones óptimas de agregados y aditivos para obtener las propiedades físicas y mecánicas en estado fresco y endurecido del concreto de alta resistencia. El concreto de alta resistencia se obtendrá en gran escala tomando en cuenta que la relación agua/cemento.

Para esto se realizaron experiencias con las dosificaciones utilizadas en la división y la incorporación de las correspondientes adiciones (microsílíce “SikaFume” y superplastificantes “SikaViscoCrete 2100”).

CAPÍTULO I



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE IDIOMAS



DOCENTE: Dra. Janneth Caisaguano.

FECHA: 09 de Enero Del 2013

SUMMARY

This graduation work concerns a concrete high strength relation which, is not very applied in traditional form, is of utmost importance for the structural evolution of large buildings such as buildings, bridges, and others.

It presents a design based on the method proposed by the Committee 211.4 ACI for a mixture of high compressive strength concrete at 28 days of 50 MPa using aggregates from the quarry flowers, Chimborazo cement, microsilica "Sika smoke" and "Sika Viscocrete 2100" superplasticizers.

In the development of research, will be various mixtures of comparison using different percentages of microsilica "Sika smoke" and "Sika Viscocrete 2100" superplasticizers to determine the optimal for use in the design, these mixes is to check by testing laboratories.

Once the various trials were carried out in the laboratory with mixes them we proceed to a final design with the proportions optimal aggregates and additives to obtain the physical and mechanical properties of high strength concrete in fresh and hardened. High strength concrete is obtained in large scale taking into account that the water/cement ratio is low.



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El concreto de alta resistencia (CAR), si bien es un material no utilizado fuertemente en el país, es de mucha aplicación en estos días en los países desarrollados. Cuando se habla de concretos de alta resistencia se dice que son aquellos cuya resistencia supera los 6,000 psi. (420 kg/cm²).

Se entiende que por ser un concreto con características especiales en su desempeño, sus materiales deben tener un estricto control de calidad tanto en sus cantidades como en su mezclado, éste puede realizarse sin ninguna dificultad, siguiendo cada una de las normas que lo rigen.

El presente estudio pretende dar a conocer a la industria de la construcción todo lo relacionado a este tipo de concreto, es decir, sus características, ventajas, aplicaciones, materiales a utilizar, ensayos a practicarle (equipo, procedimiento y manejo de resultados), y las resistencias logradas con mezclas hechas con materiales de nuestro medio

Para la parte experimental se realizaron diferentes mezclas, tomando en cuenta algunos aditivos especiales que ayudan a la reducción de agua y así darle mejor manejabilidad al concreto, también se utilizó microsilice “SikaFume” y superplastificantes “Sika ViscoCrete 2100” compactada como material cementicio para disminuir la relación de agua/cemento.

El desarrollo de este tipo de investigación en nuestra ciudad es algo nuevo y se desea aportar con un estudio que permita el diseño y construcción de grandes estructuras con la inclusión de concretos de alta resistencia.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Generalidades.

El término “alta resistencia” es relativo, pues supone la obtención de resistencias superiores a las más altas obtenidas comúnmente. De esta manera, la clasificación de alta resistencia debe utilizarse para denominar los hormigones cuyo diseño y control deben utilizarse materiales y tecnologías especiales.

En Ecuador hoy en día, de acuerdo a la experiencia de los últimos años en hormigones en obra y en plantas de hormigón premezclados, se puede clasificar como hormigones de alta resistencia a aquellos cuya resistencia a la compresión a los 28 días es superior a 42MPa.

2.1.1. Factores que influyen en la obtención de altas resistencias.

Para obtener hormigones de alta resistencia es necesario dar importancia a cada uno de los factores que intervienen en ellos, incluso en aquellos que en hormigones corrientes, se dejan generalmente de lado, por ser de poca significación.

El tipo de cemento y la razón agua/cemento, son entre los componentes del hormigón tradicional, los que siempre se tienen en cuenta, por que se da por hecho, que es la resistencia de la pasta, o la del concreto, el eslabón más débil del sistema, ya que la resistencia de los áridos, es casi siempre muy superior a aquellas.

En hormigones de alta resistencia la situación es diferente y por eso hay que preocuparse de la naturaleza de cada uno de sus componentes.

No se sabe cuál es el límite máximo absoluto que puede alcanzar el hormigón, pero es un desafío siempre abierto perseguir el logro de resistencias cada vez más altas.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad se observa que el mundo de la construcción ha tenido grandes adelantos tanto en el nivel estructural como en el tecnológico, la necesidad mundial por crear mega estructuras es indispensable para el desarrollo de una nación.

Por este motivo al ser cada día más grandes las estructuras se ve la necesidad de utilizar materiales mucho más resistentes y confiables, en esta investigación se propone la elaboración de un hormigón de alta resistencia a la compresión.

El hormigón de alta resistencia sirve para reducción de sección en piezas altamente comprimidas (muros o soportes), para vigas pretensadas y solicitadas a flexión. Mejora notablemente la durabilidad y permite la concreción de ciertas estructuras con características singulares por esbeltez, por ejemplo.

Cumple buenas prestaciones en estructuras sometidas a diferentes embates atmosféricos, ataques mecánicos o químicos.

Puede combinarse con hormigón convencional o con estructuras mixtas. Sirve en la ejecución de vigas mixtas o de soportes, por ejemplo en perfilaría de acero hormigonado, o para aquellos casos en cortos plazos de ejecución con reducciones en los tiempos de desencofrado.

2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.3.1. Objetivos generales.

- Realizar la obtención de la curva de resistencia vs tiempo de un concreto de alta resistencia con agregados de la Cantera Flores, Cemento Chimborazo, aditamento de microsilice y superplastificantes, para ser comparado con el concreto normal y de esta manera obtener resultados efectivos de este tipo de concreto para determinar sus beneficios y propiedades.

2.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar la dosificación óptima para una resistencia de 50Mpa.
- Verificar valores obtenidos con las distintas dosificaciones del concreto.
- Estudio comparativo (costos), respecto al concreto normal y al modificado (material).
- Determinar valores característicos de propiedades mecánicas y físicas de los agregados utilizados para una dosificación de 50MPa
- Realizar la curva esfuerzo vs tiempo con el concreto de alta resistencia.
- Realizar tablas de resultados precisos de dosificación de este tipo del concreto tal que dichos resultados sean confiables y aplicables a nuestro medio.

2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

En la actualidad se observa en la ciudad de Riobamba un alto crecimiento en el nivel constructivo de edificaciones imponiéndose edificaciones de más de 8 niveles de altura.

Tomando este tema en consideración los avances técnicos en la construcción se ha venido utilizando e innovando con nuevos productos químicos en dicha ciudad,

así como distintos materiales, de nuestro país y de otros países con el único propósito de mejorar la calidad del concreto para lograr mejores resultados en estas obras.

Por ello es que desde hace muchos años atrás en esta ciudad se ha visto la necesidad de elaboración de concreto de alta resistencia en la construcción, debido a la falta de conocimientos o a la mala aplicación de los productos químicos en un concreto provocado que su dosificación sean alteradas.

Y a la vez en la actualidad, la alta demanda en el campo de la construcción de todo tipo de obras civiles por la que pasa dicha ciudad es de suma importancia y sobre todo muy preocupante por lo que en nuestro campo la demanda de un concreto de alta resistencia cada vez es mucho mayor, De no hacer algo al respecto se verá reflejado en construcciones de baja calidad y propensas a fallas producidas por concretos de baja resistencia incapaces de soportar esfuerzos de grandes magnitudes.

2.5. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se limitará físicamente al concreto de alta resistencia más utilizada en nuestro medio, dependiendo y considerando la aplicación para el cual va hacer empleado, es así que tenemos una resistencia de 30-50MPa para muros muy cargados, Para losas de alto tráfico vehicular, para plintos, este concreto será modificado con microsilice y superplastificantes, las pruebas y ensayos se realizaran en la ciudades de Riobamba.

Los datos del estudio se enfocarán a las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el diseño estructural.

La población que proporcionará de la información requerida para establecer una estadística a la investigación, será el personal vinculado a la industria de la

construcción como son mano de obra, constructores y administradores de los proyectos.

Debido a la insuficiente información bibliográfica en nuestro medio se deberá adoptar información o normas obtenidas de otros países siempre y cuando se rijan al tema tratado y formulado.

2.1.2. Acceso al área.

La ciudad de Riobamba es la capital de la Provincia de Chimborazo. Se encuentra ubicada en el centro geográfico del Ecuador, en la cordillera de los Andes a 2.754 msnm. La superficie delimitada por el perímetro urbano de la ciudad es de 1150,2 km². Está ubicada entre las coordenadas geográficas: 1° 44 '6,94" Sur y 78° 39'02" Oeste.

Limitado al norte por la provincia de Tungurahua y por los cantones Guano y Penipe, al Sur por la provincia de Cañar y por los cantones Colta y Guamote, al Este por la provincia de Morona Santiago y por el cantón Chambo y al Oeste por las provincias de Guayas y Bolívar.

La Cantera de donde se van a obtener los agregados son de la cantera de Flores ubicada a 1 ½ km de la vía a flores y con aditivos sika y cemento Chimborazo ubicada en la vía a Colta.

2.1.3. Descripción de la población.

Según datos oficiales del INEC en el censo realizado el año 2001 la población urbana de la ciudad de Riobamba fue de 124.807 habitantes y en el censo del 2010 la población es de 146.324 habitantes; por lo que en el último periodo intercensal comprendido entre 2001-2010 ha experimentado un crecimiento del 1,72% del promedio anual como consecuencia del crecimiento normal de la población y la migración.

Los aspectos históricos, sociales, culturales, políticos y administrativos de la localidad o zona en estudio; centros educacionales, hospitalarios, industrias etc. tienen sus propias necesidades de consumo y dotaciones de agua.

Entonces resulta innegable que el crecimiento poblacional provoca consecuentemente con el desarrollo económico y demográfico un incremento de su consumo per cápita.

2.1.4. Educación.

El nivel educativo de la población es el resultado de un proceso que reconoce fuentes muy diversas. No sólo refleja la mayor o menor eficiencia del sistema educativo sino también la de todos los mecanismos no formales de transmisión de la cultura. Riobamba posee varias unidades educativas de niveles pre primario, primario y secundario, privado, fiscal, católico, laico y fisco-misionales, distribuida de la siguiente manera.

También cuenta con varias instituciones de educación superior como: La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, La Universidad Nacional de Chimborazo, La Universidad Interamericana del Ecuador, La Universidad San Francisco de Quito (sede Riobamba), En educación a distancia se destaca la Universidad Nacional de Loja, la Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE), La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Se estima que la población universitaria es mayor a los 15.000 estudiantes.

Se debe mencionar que la mayoría de estos centros de educación superior ofrecen programas de estudios presenciales y semi-presenciales que se llevan a cabo los fines de semana, a donde acuden personas de otras ciudades y provincias, lo cual incrementa el número de población flotante.

2.2. GEOMORFOLOGÍA.

2.2.1. Clima.

El clima predominante es el frío del alto andino y consta de dos estaciones, una húmeda y una seca. En algunas épocas del año la máxima temperatura diaria

puede alcanzar los 20°C a 25°C, rara vez se han registrado temperaturas por mayor de los 25°C, en febrero del 2007 se registró una temperatura record de 27°C. La temperatura promedio es de 13°C. De la información disponible del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) se ha obtenido la siguiente.

2.3. TOPOGRAFÍA.

La topografía de las calles de la ciudad de Riobamba tiene pendientes poco pronunciadas; un 90% de calles tiene pendientes longitudinales que varían entre el 1% y el 3%, el 10% restante tiene pendientes mayores al 3% según datos de la oficina de topografía del Ilustre Municipio de Riobamba (IMR).

2.3.1. USO DEL SUELO.

Existen sectores de la ciudad cuyo uso de suelo es claramente identificado con fines comerciales (centro y centro norte de la ciudad y ejes comerciales dispersos en diferentes sectores). Existe una zona industrial (parque industrial), a pesar de que no hay un desarrollo industrial significativo. Se identifican zonas con usos de suelos para servicios públicos, educativos, parques, recreativos, etc.

En general hay un ordenamiento que obedece a una etapa de desarrollo de la ciudad atribuible a la época de refundación. Desde entonces ha crecido sin políticas de ordenamiento urbano pero conservando el centro histórico comercial y de servicios públicos. Se han desarrollado ejes de crecimiento sin planificación, que adolecen de la provisión de servicios básicos adecuados a la demanda actual.

2.3.2. GEOLOGÍA.

Los suelos del Cantón Riobamba son de origen volcánico, formados de rocas, sedimentos y tobas volcánicas pliocénicas y más antiguas.

2.3.3. OROGRAFÍA.

La orografía de la provincia está representada por Cerros y lomas. Cotas extremas: 4447 y 2600 msnm. Esta provincia es la de las cumbres andinas, existen una serie de cadenas montañosas que unen los ramales principales de la Cordillera de Los Andes. La cumbre nevada del imponente Chimborazo (6.310 mts. s.n.m.), destaca el nudo de Tio-cajas, límite de las hoyas de Chambo y Chanchán.

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

El progreso en el campo de la tecnología del hormigón y del control de calidad, conjuntamente con los nuevos requerimientos de las estructuras, han conducido al desarrollo de hormigones de resistencias cada vez más elevadas.

Realizando una breve reseña histórica, se puede notar que en los principios del siglo XX el hormigón poseía una resistencia aproximada de 14 MPa. En los años 30 este valor se había casi duplicado. Al comienzo de los años 50, un hormigón con resistencias a la compresión de 34 MPa, era considerado de alta resistencia. En la década de los 60, hormigones de resistencia entre 41 y 50MPa, eran de uso comercial en EE.UU. al comienzo de los 70 se produjeron hormigones de 62 MPa.

En los últimos 30 años se observa un desarrollo notable, tanto en lo que respecta medios de producción y dosificación como al conocimiento más acabado de las características geológicas y propiedades mecánicas del hormigón.

Estos avances han permitido la obtención de propiedades mecánicas, trabajabilidad y durabilidad superiores a las habitualmente usadas en hormigones convencionales, Por ejemplo, hoy en día en EE.UU. ya se comercializan hormigones con una resistencia especificada de 100 Mpa.

Hay que reconocer que la definición de alta resistencia es una función de la región geográfica, en regiones donde se produce comercialmente hormigón de 60 MPa, de resistencia a la compresión, alta resistencia podría estar en el rango de 80 a 100 MPa.

Sin embargo en regiones donde el lote tope de resistencias para los hormigones comercializados sea de 50 MPa, se podrá llamar hormigones de alta resistencia a uno de 70 MPa de resistencia a la compresión.

3.2. BASES TEÓRICAS.

3.2.1. Cemento Portland.

La selección de los cementos a usarse en los hormigones de alta resistencia es mucho más rigurosa que en el caso de los hormigones convencionales.

Diferentes cementos Portland, que cumplan con todas las normas y sean esencialmente similares, pueden comportarse de una manera diferente cuando las relaciones agua/ material cementante, de los hormigones en que se utilizan, son más bajas que lo usual. En los hormigones cuyas relaciones a/c se encuentran entre 0,20 y 0,40 las diferencias de comportamiento de cementos Portland similares, pueden deber sea diversos factores:

- Finura del cemento.
- Reactividad del C3A y del C3S.
- Solubilidad de las diferentes formas de sulfato de calcio en el cemento.
- Solubilidad de los álcalis.

Para una adecuada selección del cemento a emplearse se realizan ensayos que deben arrojar resistencias de 30MPa a los 7 días. Con el cemento se preparan probetas de ensayo de hormigón cuya resistencia debe comprobar sea los 7, 14, 21 y 28 días. Es conveniente seleccionar aquellos cementos que, aunque produzcan hormigones menos resistentes a los 7 días, generen las mayores resistencias a los 28 días. Normalmente las pruebas se realizan con contenidos de cemento de entre 400 y 500kg/m³.

Se ha comprobado también que el comportamiento de los cementos depende muy estrechamente de su compatibilidad con los superplastificantes que se utilicen en las mezclas con muy bajas relaciones a/c. Se han desarrollado procedimientos que

permiten cuantificar las compatibilidades cemento-superplastificantes. Estos procedimientos, que se revisarán más adelante, facilitan una selección adecuada de los materiales a emplearse en los hormigones de alta resistencia y en los hormigones de alto desempeño en general.

La correcta selección de la combinación cemento superplastificante es de tanta importancia, que una mala selección puede ocasionar que no se alcancen resistencias de 50MPa, aunque el contenido de cemento se incremente, o se trate de disminuir la relación a/mc con el uso de aditivos. Esta situación puede conducir a costos de producción elevados y a incrementos severos de los tiempos de fraguado.

3.2.2. Agregados.

Se definen como tales los materiales pétreos inertes resultantes de la desintegración natural de rocas o que se obtienen de la trituración de las mismas. Éstos ocupan típicamente las tres cuartas partes del volumen en el concreto, deben estar libres de suciedad, ser durables, y no deben tener sustancias que reaccionen químicamente con el cemento.

Se clasifican en: agregado grueso (pedrín o grava) y agregado fino (arena, polvo de piedra). La clasificación entre agregado fino y grueso se realiza basándose en su tamaño, de la siguiente manera: el fino tiene un diámetro menor al tamiz número 4 (4.76 mm), pero se recomienda que sea mayor que 74 mm y el agregado grueso que son las partículas de un tamaño mayor a 4.76 mm.

Según la clasificación de estos por su forma, tenemos: el canto rodado, proveniente de cauces de ríos, forma redondeada, producen concretos de buena calidad y de ventajas como trabajabilidad o docilidad. El agregado triturado, proveniente de la desintegración de rocas en cantera, tiene ventajas por su composición mineralógica más uniforme y cantos angulosos.

3.2.2.1. Agregado Grueso.

Al ocupar el mayor volumen que cualquier otro ingrediente en el hormigón y por influir significativamente en la resistencia y otras propiedades de dicho material, los agregados requieren de una cuidadosa selección.

Es común utilizar agregados de peso normal en los hormigones de alta resistencia, pero no se descarta el uso de agregados livianos para hormigones estructurales y de agregados pesados para hormigón de alta densidad.

Es indudable que la resistencia a la compresión de los agregados no puede ser menor que la resistencia de diseño del hormigón que se pretende preparar. La mayor parte de los agregados aprobados para ser utilizados en hormigones convencionales tienen resistencias promedio del orden de los 70 MPa y podrían ser usados para hormigones de alta resistencia que no tengan que sobrepasar esa resistencia. Debe seleccionarse un agregado que además de su resistencia esté libre de fisuras o de planos débiles, limpio y sin recubrimientos superficiales.

Para altos niveles de resistencia del hormigón, con una pasta con relación agua/materiales cementantes de 0,20 a 0,25, es casi seguro que la falla por resistencia a la compresión se producirá por rotura de los agregados, si éstos no alcanzan las resistencias requeridas por el hormigón.

Es especialmente importante la selección del tamaño máximo del agregado grueso ya que si su resistencia es lo suficientemente alta y la pasta a utilizar se diseña para soportar los esfuerzos requeridos, la falla potencial del hormigón podría presentarse en la zona de transición interfacial entre pasta y agregado. El ACI 211 señala que se ha demostrado que los agregados de tamaño máximo nominal más pequeño proporcionan mayor resistencia potencial en el hormigón.

En el gráfico del ACI 363 figuran curvas (color amarillo) para las diferentes resistencias del hormigón en función del tamaño máximo de los agregados (eje X) y de las correspondientes Eficiencias (eje y). De este gráfico se establece que hay

un tamaño máximo ideal para cada resistencia del hormigón, y ese tamaño máximo ideal es tanto menor cuanto mayor es la resistencia del hormigón que se requiere. Como ejemplo, para un hormigón de 50 MPa. El tamaño máximo de agregado con el que se obtiene la mayor eficiencia (menor contenido de cemento) es de 9 milímetros.

Si bien tamaños menores de agregados exigen contenidos de agua mayores, esta condición se ve compensada con amplitud al aumentarse la superficie de contacto entre la zona de transición interfacial de la pasta y los agregados.

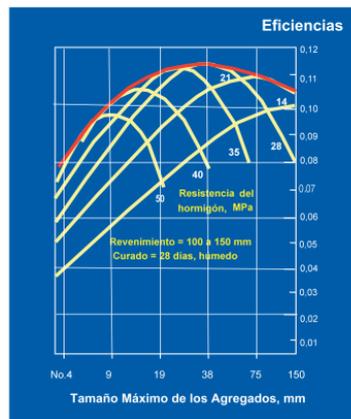


Ilustración 3. 1 Diferentes resistencias del hormigón en función del tamaño del agregado.

Fuente: INECYC, Hormigón de alto desempeño

Esta superficie de contacto, por unidad de volumen del hormigón, es tanto mayor mientras menor es el tamaño máximo de los agregados. De allí la conveniencia de usar agregados de tamaño máximo menor, mientras más alto sea la resistencia que se quiere alcanzar.

Algunos investigadores discrepan ligeramente de los valores para el tamaño máximo de los agregados dados por la Envolvente de Resistencias por Eficiencias del Comité 363 R del ACI, y consideran que agregados de 20 a 25 mm pueden usarse para alcanzar 75 MPa; de 10 a 20 mm permiten alcanzar 100 MPa; y, que resistencias de 125 MPa se han conseguido con agregados de 10 mm.

El ACI 211 considera que para cada nivel de resistencia del hormigón existe un tamaño óptimo para el agregado grueso que producirá la mayor resistencia a

compresión por kilogramo de cemento. Señala además que se ha demostrado que los agregados de menor tamaño proporcionan mayor resistencia potencial. Agrega sin embargo, que el uso de un agregado del mayor tamaño posible, es una consideración importante cuando también son importantes la optimización del módulo de elasticidad, la fluencia y la contracción por secado.



Ilustración 3. 2 Materia Prima Agregado Grueso $\frac{3}{4}$ Pulgada.

Elaborado por: José Portugal-Mario Córdova.

3.2.2.1. Agregado Fino.

Para la producción de hormigones de alta resistencia son factores significativos tanto la forma del agregado fino como su granulometría. La forma de la partícula y la textura de su superficie pueden tener tanta influencia en la demanda de agua y en la resistencia a la compresión del hormigón, como la tiene el agregado grueso. El incremento del volumen relativo del agregado grueso con respecto al del material fino produce una reducción en la cantidad de pasta requerida por unidad de volumen de una mezcla de hormigón. En los hormigones de alta resistencia, debido a la elevada demanda de material cementante, el volumen de materiales finos tiende a ser alto. Por esto el volumen de la arena (agregado fino) debe mantenerse al mínimo necesario para lograr trabajabilidad y una buena compactación.

Esto hace posible alcanzar la más altas resistencias del hormigón para un contenido determinado de material cementante.

Para hormigones de resistencias de 50 MPa o mayores, es recomendable el empleo de agregados finos con un módulo de finura (MF) dentro del rango de 2,5 a 3,2. El uso de agregados finos con un (MF) menor que 2,5, genera hormigones viscosos, con agua y la consiguiente disminución de resistencia.

La mezcla de arenas naturales de diferentes fuentes permite optimizar su granulometría y conseguir incrementos de resistencia.

En las arenas manufacturadas producidas por trituración, la forma de sus partículas y el incremento del área superficial pueden afectar en apreciable la demanda de agua, con la correspondiente pérdida de resistencia.



Ilustración 3. 3 Materia Prima Agregado Fino.

Elaborado por: José Portugal-Mario Córdova.

3.2.3. Aditivo.

Es el material que, aparte del cemento, los agregados y el agua empleados normalmente en la preparación del concreto, puede incorporarse antes de o durante la ejecución de la mezcla, con el objeto de modificar alguna o varias de sus propiedades en la forma deseada, aportando un volumen desestimable. Los hay de dos tipos: aditivos minerales y aditivos químicos.

3.2.3.1. Microsilices.

Son un polvo muy fino, obtenido por decantación del humo de chimeneas de altos hornos de aleaciones metálicas de la industria del ferrosilicón, el cual está

compuesto del 90% al 95% de dióxido de sílice amorfo y que tiene propiedades puzolánicas que le permiten reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio para formar un gel con notable incremento en las propiedades positivas del concreto, especialmente su resistencia en compresión y su durabilidad.

El Comité 116 del American Concrete Institute define así a la microsílíce: “una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arcoeléctrico como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio”.

3.2.3.1.1. Producción.

Es un subproducto de la reducción de cuarzo de alta pureza con carbón mineral, el cual es calentado a 2000 grados Centígrados en un horno de arco eléctrico durante la fabricación de aleaciones de ferrosilicio y silicio metálico, siendo la aleación recogida en el fondo del horno.

El cuarzo es calentado conjuntamente con carbón o madera, empleados para remover el oxígeno.

Conforme el cuarzo se reduce a aleación, deja escapar vapores de óxido de silicio. En la parte superior del horno estos humos se oxidan en contacto con el oxígeno de la atmósfera y se condensan en micro esferas de sílice amorfa.

3.2.3.1.2. Características de las microsílíces.

El microsílíce es producido como un polvo ultra fino de color gris, el cual tiene las siguientes propiedades típicas:

- Un contenido de por lo menos 90% de SiO_2
- Partículas con tamaño promedio de 0.1-0.2 micrómetros
- Superficie específica mayor de 15,000 m^2/kg
- Perfil esférico de las partículas

- Mínimo contenido de carbón

3.2.3.1.3. Empleo de microsílices en el concreto.

Estas fueron inicialmente consideradas como un material de reemplazo del cemento y en algunas áreas ese es todavía su único uso.

En general, parte del cemento puede ser reemplazado por una cantidad menor de microsílíce. La adición de esta generalmente incrementa la demanda de agua. Si se desea mantener la misma relación agua/cementante, deberá usarse un aditivo reductor de agua.

Debido a su limitada disponibilidad y su alto precio, referido al cemento Portland u otras puzolanas o escorias, las microsílices han sido empleadas en forma creciente como un material para mejorar las propiedades del concreto, es decir, para proporcionar concretos con muy altas resistencias en compresión o con muy alto nivel de durabilidad.

3.2.3.2. Aditivos químicos.

El aditivo superplastificante se empleó en combinación con un reductor de agua de alta eficiencia y retardador del fraguado, para mejorar así la plasticidad del concreto y controlar el tiempo de fraguado de la mezcla.

3.3. Características de los concretos.

Concretos en estado fresco: es cuando se adiciona agua al cemento, se da origen a la pasta de cemento, la cual pasa por una etapa inicial, en la que se desarrolla el proceso de hidratación del cemento, durante el cual presenta una consistencia

plástica. Posteriormente se inicia su endurecimiento, en el que adquiere progresivamente las características de sólido.

Dado que la pasta de cemento es el componente activo del concreto, estas mismas características le son transmitidas, razón por la cual, el concreto presenta en su etapa inicial un estado plástico (Bastidas, M. 2006).

Etapa plástica: En esta etapa, el concreto acepta deformaciones con pequeños aportes de energía externa, para producir estos cambios se deben vencer principalmente dos reacciones internas: una constituida por el frotamiento de las partículas granulares, cuya medida denominaremos fluidez del concreto, y la otra proveniente de la cohesión de la masa, cuya medida denominaremos consistencia.

Trabajabilidad: Este concepto es fundamental en la etapa en que el concreto se mantiene en estado plástico, puesto que condiciona sus características en dicha etapa, la que a su vez corresponde a la de su empleo en obra. Es una característica que contribuye a evitar la segregación y facilitar el manejo previo durante la colocación de la mezcla. Para que la mezcla pueda colocarse fácilmente en las formas y se obtenga un vaciado compacto y denso, es necesario que sea suficientemente plástico (Porrero, J. 2004).

Plasticidad: Es la propiedad que define la trabajabilidad del concreto. Depende de la consistencia de la granulometría de la arena y de la cantidad de finos que contenga la misma. Se puede mejorar con el uso de aditivos plastificantes o aire antes. Los concretos en los que se utiliza cal, mejoran notablemente la plasticidad, ya que aumenta el número de finos actuando como lubricante (Porrero, J. 2004).

Retención de agua: Es la propiedad que tienen los concretos para mantener la trabajabilidad cuando están en contacto con piezas absorbentes, evitando que pierda el agua de forma rápida, lo que además podría dar problemas en el fraguado del cemento pudiéndose producir el afofado del mismo (Porrero, J. 2004).

Segregación: Es la separación de los componentes del concreto, lo que origina concretos disgregados. Se evita añadiendo agua en exceso y utilizando arenas con tamaños no muy grandes (Porrero, J. 2004).

Adherencia: Es la propiedad que mide la facilidad o resistencia que presenta el concreto al deslizamiento sobre la superficie del soporte en el que se aplica. Se mejora mediante un mayor incremento de cemento y cal y mediante el uso de finos arcillosos en la arena (Porrero, J. 2004).

Exudación: El proceso de exudación se produce por que los concretos están constituidos por materiales de distinto peso específico, razón por la cual los materiales más pesados (sólidos) tienden a decantar y los más livianos como el agua tienden a ascender.

Fraguado: Se define como fraguado el cambio de estado físico que sufre una pasta desde una condición blanda hasta una condición de rigidez. El proceso de fraguado comienza desde el momento en que se inicia la fase activa del proceso químico exotérmico que culminará con la solidificación (Carente de resistencia) dentro de las cuatro o cinco horas siguientes desde la preparación del concreto.

Agrietamiento plástico: El agua de amasado en la mayoría de los casos se evapora poco a poco, lo cual hace que el concreto se vaya secando desde la superficie hacia el interior de este, produciendo de esta manera una contracción, por lo cual la superficie se contrae más rápidamente que el resto, derivando como consecuencia un agrietamiento del concreto cuando aún está en estado plástico, lo cual se denominara agrietamiento plástico. Este efecto debe ser evitado, puesto que produce una superficie débil en el concreto. El agrietamiento plástico se produce principalmente cuando existe una temperatura elevada o si hay viento en el lugar de colocación, porque de esta manera el secado superficial se hace más rápido.

En estos casos se recomienda para evitar el agrietamiento plástico mantener un ambiente relativamente húmedo y fresco alrededor del concreto, si de igual forma se produjera el agrietamiento, se puede proceder a alisar el concreto tratando de esta forma cerrar las grietas producidas.

Concreto en estado endurecido: En esta etapa, las propiedades de los concretos evolucionan con el tiempo, en una forma que depende de las características y proporciones de los materiales componentes y de las condiciones ambientales a que estará expuesto durante su vida útil (Bastidas, M. 2006).

Densidad: La densidad del concreto se define como el peso por unidad de volumen. Esta depende del peso específico y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del concreto.

Resistencia mecánica: viene expresada por su resistencia compresión en kg/cm² a la edad de 28 días sobre probetas.

Adherencia: Es relación directa de la resistencia a tracción del concreto y de la correcta puesta en obra del mismo. Una buena adherencia produce mayor resistencia global del muro y mayor impermeabilidad (Maldonado, B. 1968).

Retracción: Fenómeno de encogimiento o disminución de volumen que sufre el material con el tiempo, debido principalmente a la pérdida parcial de agua en las primeras horas y puede producir grietas en el material. La retracción depende de numerosos factores tales como la geometría de las piezas, condiciones atmosféricas, humedad, temperatura tanto del ambiente como del concreto y de la proporción de los componentes de la mezcla. (Porrero, J. 2004).

3.3.1. Calidad del concreto.

La industria de la construcción, al igual que todas las actividades productivas, ha reconocido la importancia de aplicar los criterios y prácticas del control de

calidad, tanto en beneficio del usuario de la obra como del constructor de la misma.

La calidad de los concretos va a depender de la calidad de sus componentes, de la calidad de su diseño de mezcla y su posterior preparación y manejo, de los cuidados de uso y mantenimiento, y del grado de satisfacción de las exigencias de su uso. Se mide la calidad del material con los ensayos previos sobre los componentes, con las observaciones y pruebas del concreto fresco, y con los ensayos sobre el concreto endurecido, bien en el laboratorio o en la propia obra.

El análisis, conservación y empleo de los registros de todos los ensayos y observaciones dice mucho de la calidad profesional de quienes han intervenido en la ejecución de una obra. Este factor importante va a depender de la calidad de sus componentes y del diseño de mezcla según sea la exigencia de uso.

3.4. ENSAYOS DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA.

Los ensayos a realizarse son:

- Masas unitaria suelta del agregado grueso, fino y cemento.
- Masa unitaria compactada del agregado grueso y fino.
- Contenido de humedad del agregado fino y grueso.
- Capacidad de absorción del agregado grueso y fino.
- Granulometría de agregado grueso y fino.
- Densidad de agregados en estado de superficie saturada seca.
- Peso específico de agregas grueso, fino y cemento.

3.4.1. Bases legales.

Las normas que se emplearan en los ensayos del concreto son las que tengan referencia a dichos temas.

Existe una cantidad de normas aplicables en los materiales y procedimientos de los concretos de alta resistencia entre las que tenemos, Reporte de ACI:

- ACI 363R-92 State-of-the-Art Report on High –Strength Concrete.

Para cemento a utilizar.

- ASTM C 150 “Especificación normal para cemento Pórtland”.

Agregados.

- ASTM C33 “Especificación normal para agregados del concreto”

Aditivos.

- ASTM C 1240 “Uso de humo de sílice como mezcla mineral en concretos de cemento hidráulico, morteros y lechadas “
- ASTM C618 “Especificación normal para carbón, cenizas volantes, puzolanas naturales calcinadas para uso como minerales en mezclas de concreto”
- ASTM C260 incorporadores de aire.
- ASTM C494 Tipos A, B, o D Reductores de agua controladores del tiempo.
- ASTM C494 Tipos F o G Reductores de agua de rango alto.

3.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Concreto: El cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales dan la capacidad de aglutinar fermentos minerales para formar un ser compacto.

Los más comunes son los de cemento y están compuestos por cemento, agregado fino, grueso, agua y algunos aditivos o materiales cementantes según sea el caso.

Modificado: Cambiado, rectificado, variado, alterado, innovador, diferente.

Asentamiento: También conocido como revenimiento, es la medida de la consistencia de una mezcla de concreto fresco realizada con el cono de Abrams y se suele expresar en centímetros.

Se mide el descenso de la masa del concreto al quedar libre del cono en que fue moldeada con relación a la altura del mismo.

Mientras mayor sea esta diferencia de altura, se puede llegar a concluir que la masa de concreto es muy fluida.

Densidad: Es una magnitud o propiedad física que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³)

Dosificación: Establece las proporciones apropiadas de los materiales que componen un concreto, a fin de obtener la manejabilidad, resistencia y durabilidad requeridas, o bien para obtener un acabado o adherencia correctos.

Granulometría: Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado que se determina por análisis de un conjunto de tamices de malla de alambre con aberturas cuadradas (las cuales gradualmente varían de tamaño).

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

Probeta: Es una muestra de dimensiones previamente definidas, elaborada a partir de cualquier sustancia o material para probar sus características mecánicas tales como elasticidad, resistencia, entre otros.

Relación agua/cemento: También conocida como a/c, expresa la íntima relación que existe entre el peso del agua utilizada en la mezcla y el del cemento e influye en la resistencia final del concreto.

Dado que el peso del agua utilizada siempre es menor que el peso del cemento, el guarismo resultante es menor que la unidad.

Una relación a/c baja conduce a un concreto de mayor resistencia que una relación alta. Pero entre más alta es la relación, el concreto se vuelve más trabajable.

La menor relación recomendable para una hidratación completa del cemento se considera igual a 0.42.

Segregación: Ocurre cuando el agregado se separa del resto del concreto. Esto puede causar bajas resistencias y mayores contracciones en el concreto, por lo que algunas de las recomendaciones para evitar segregaciones serían colocar el concreto lo más cerca posible de su posición final, no verter o aplicar el concreto a una altura no aconsejable, evitar altos revenimientos en la mezcla y nunca mover el concreto de manera brusca constantemente.

Muestra (material): Una muestra es una cantidad limitada de un material utilizada para representar y estudiar las propiedades del material en cuestión. Las muestras pueden ser objetos contables, tales como artículos individuales disponibles.

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGÍA

Este capítulo describirá los métodos, técnicas y procedimientos aplicados, de tal modo que se pueda tener una visión clara de lo que se ha realizado y cómo se ha llevado a cabo, a través de la metodología desarrollada en esta investigación.

4.1. TIPO DE ESTUDIO.

Investigativo: La presente investigación tiene la finalidad de solucionar un problema permanente que existe en los diseños de concreto de alta resistencia por lo cual es objeto de estudio, debido a la poca información de las características de los concretos de alta resistencia en donde se realizan las distintas obras civiles, para lo cual la investigación se enfoca directamente al método de investigación particular con el método experimental, observación, investigación de campo y exploratoria.

4.1.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo de la investigación se llevó a cabo la identificación de los materiales a utilizarse en base a tesis desarrolladas con anterioridad en la Universidad Nacional de Chimborazo, seleccionando los agregados que se destacan por sus propiedades físicas en base a los requerimientos de los concretos de alta resistencia, en este caso los materiales a utilizarse son:

- Agregados de la Cantera Flores.
- Cemento Chimborazo.
- Agua.
- Superplastificantes (SikaViscocrete 2010)
- Microsilice (Sika Fume)

Una vez seleccionado los agregados y los aditivos correspondientes se obtuvo las muestras para comparar dichas propiedades en laboratorios de ensayos de materiales, y en el laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo, aquí se obtuvo las propiedades de los materiales empleados en la elaboración del concreto de alta resistencia, el estudio se lo hizo durante 15 días. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Masas unitaria suelta del agregado grueso, fino y cemento.
- Masa unitaria compactada del agregado grueso y fino.
- Contenido de humedad del agregado fino y grueso.
- Capacidad de absorción del agregado grueso y fino.
- Granulometría de agregado grueso y fino.
- Densidad de agregados en estado de superficie saturada seca.
- Peso específico de agregados grueso, fino y cemento.

Con los resultados de las propiedades físicas y resistencia de los materiales, se elaboró un diseño para la obtención de un concreto de alta resistencia mediante la adición de microsilice (Sika Fume) y superplastificante (Visco Crete 2100) en la mezcla; que proponemos más adelante logrando una distribución óptima de agregados, adiciones y superplastificantes, pudiendo de esta manera utilizar este diseño de mezcla para aplicarlos en estructuras sometidas a grandes esfuerzos.

Al finalizar la investigación se presentará un diseño de mezcla final, para un concreto de alta resistencia a la compresión de 50 MPa (con agregados de la Cantera de Flores y cemento Chimborazo), con el detalle de sus propiedades físicas, tanto en estado fresco como endurecido, para esto se llevará un tiempo de 30 días, dentro del cual se analizaron datos y resultados obtenidos de las mezclas con diferentes porcentajes de microsilice y superplastificantes.

Documental, etapa en la cual se recopila y revisa toda información referente a concretos modificados, en textos, internet, normas, folletos, estudios y análisis previamente realizados. “es aquella cuya estrategia está basada en el análisis de

datos obtenidos de diferentes fuentes de información, tales como informes de investigación, libros, monografías y otros materiales informativos”.

Finalmente toda la información recopilada se analizará y se obtendrá parámetros dirigidos que contemplan en esta investigación con un tiempo de 30 días para su presentación final.

4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

4.2.1. Población.

La base del estudio se refiere, a la dosificación óptima de los componentes constitutivos para un hormigón de $f'c = 50\text{MPa}$ en el cual se deduzca la curva resistencia vs tiempo, el mismo que necesitó de la fuente ideal para la recopilación de información tales como manuales de procesos, formatos de recopilación de datos, normas establecidas; que contribuya con la afirmación o negación de la hipótesis planteada en el proyecto. Siendo el objeto del estudio, la obtención de una dosificación óptima de hormigones de alta resistencia, para constructores que requieren realizar infraestructuras como vigas de puentes de grandes luces, durmientes monobloque y bibloque, bases con pilas para carreteras de desnivel etc.

4.2.2. Muestra.

La muestra representa el número de datos que se necesita para establecer un parámetro de una actividad determinada. El método de dosificación está basada en función del tamaño de los agregados es decir con el ensayo de granulometría, en nuestro caso se tiene un árido nominal de $\frac{3}{4}$ in de agregado grueso, con la cual se establece dos diferentes tipos de dosificaciones.

Para el número de muestras, la frecuencia de toma de especímenes es diario por un lapso de 30 días acogiéndonos a las normas, las mismas que serán ensayadas en 7 días y 28 días. La recopilación de datos se lo hizo mediante plan estratégico de control de calidad de materias primas y a cada uno de los ensayos involucrados en la investigación para obtener un estricto control en la dosificación.

4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

La recopilación de información del proceso de dosificación, control de calidad y la curva: resistencia vs tiempo, para hormigón de alta resistencia $f'c= 50\text{MPa}$.

4.3.1 Variables.

La investigación cuenta con las siguientes variables:

- Sobredimensionamiento o sub-dimensionamiento en lo referente a resistencias a la compresión.
- No tener un control de calidad adecuado para los procesos de las pruebas físicas y manipulación de materiales y equipos.
- No tener dosificaciones de hormigón de alta resistencia con materiales pétreos de la misma zona.

4.3.2 Operacionalización de las variables.

Se realizará de acuerdo a las normas INEN, se requiere de aspectos que se deben considerar para cumplir con las normas establecidas.

- Ensayo de muestreo de Áridos (INEN 695).
- Ensayo de Granulometría (ASTM C 136 - ASTM C 33)
- Ensayo de Determina de contenido total de humedad (INEN 862).

- Ensayo de Determinación de la masa unitaria suelta (INEN 858).
- Ensayo de Determinación de masa unitaria compactada (INEN 858).
- Ensayo de Determinación densidad y absorción de Agua del agregado grueso (INEN 856 – ASTM C128).
- Ensayo de Determinación densidad y absorción de Agua del agregado fino (INEN 857 – ASTM C127).
- Ensayo para determinar el peso específico del cemento.
- Ensayo de la determinación de la masa unitaria suelta del cemento.
- Ensayo de la densidad optima de la mezcla de agregados.
- Ensayo de Asentamiento del Hormigón (ASTM C 143).
- Determinación de la resistencia del hormigón Ensayos Destructivos y no destructivos.

4.4. PROCEDIMIENTOS.

4.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

De acuerdo a la investigación esta se llevó a cabo en las instalaciones de Estudios Especializados Laboratorio de Ensayo de Materiales y además en laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil, en donde realizamos diversos ensayos. Las técnicas que utilizamos son la observación y experimentación, se recopilaron todos los resultados mediante informes tabulados en una hoja de cálculo para su debida interpretación, y a la vez se ha propuesto una metodología de evaluación propia para que nos permita obtener los resultados y conclusiones de cada uno de los objetivos planteados en la investigación.

4.4.2. Técnicas de recolección de datos.

Revisión literaria: Para la recolección de datos bibliográficos, se hizo uso de diversas fuentes de información como: textos, tesis de grado relacionadas al tema de estudio que ayudaran a describir los materiales de residuos industriales de plástico.

Observación directa: Por medio de la observación directa fue posible la evaluación del comportamiento de las mezclas de concreto durante la fabricación, vaciado, curado y posterior ensayo de las unidades.

Observación indirecta: La observación indirecta fue posible al mezclado de los materiales, vaciado, moldeado, secado y curado. Esto permitió recolectar el mayor número de datos de las mediciones y pruebas realizadas en esta investigación.

Entrevistas indirectas: A través de la entrevista se logró obtener información general, esta se realizó a profesionales con conocimientos del tema, tutor industrial, tutor académico, técnicos laboratoristas, ingenieros y otros profesionales, para la recopilación y obtención de datos referente a la temática de investigación.

4.4.3. Instrumentos de recolección de datos.

Entre los instrumentos requeridos para llevar a cabo el presente estudio, se encuentran:

Equipos de laboratorio (balanzas digitales, termómetro, y máquina de ensayo) e implementos utilizados para llevar a cabo los ensayos correspondientes (carretilla, molde y cuchara metálica, barra compactadora, moldes cúbicos y cilíndricos, entre otros).

4.4.4. Flujograma de la metodología de trabajo.

En el estudio del hormigón de alta resistencia, se planteó el siguiente flujograma de trabajo.

El cual trata primero la recopilación de la información, luego determinar las propiedades físicas y químicas de los materiales, seguidamente la elaboración del

hormigón de alta resistencia, conjuntamente con la realización de los diversos ensayos a dicho hormigón.

Estas etapas abarcan todo el desarrollo de la investigación y permiten lograr los objetivos propuestos.

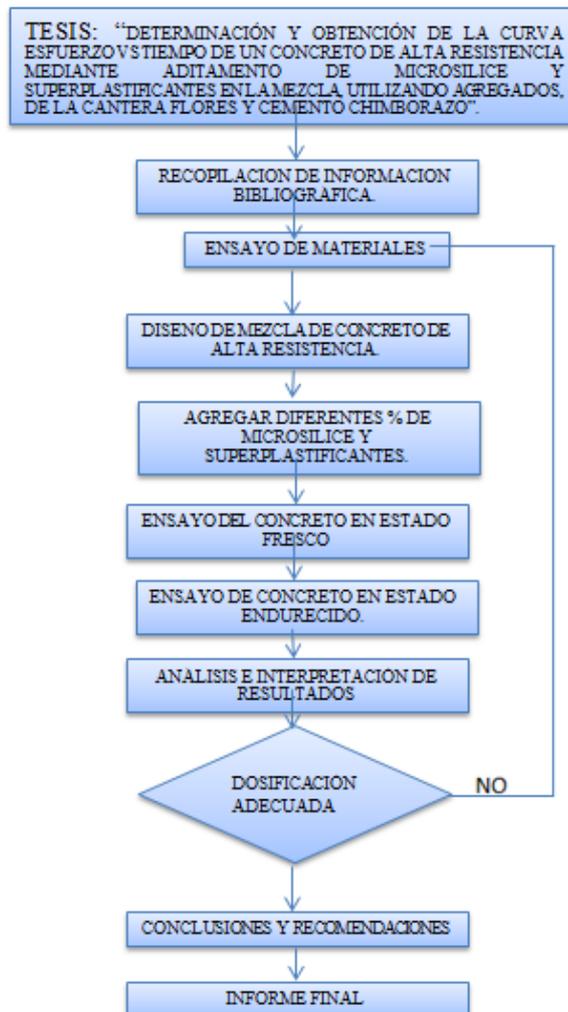


Ilustración 4. 1 Flujoograma de la metodología empleada en la investigación.

Elaborado por: José Portugal – Mario Córdova.

4.4.5. Procedimientos investigación.

La presente investigación se realizó a cabo en las instalaciones de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Civil ubicados en la Universidad Nacional De Chimborazo. Las técnicas que utilizamos son la observación y experimentación

tanto en campo como en los laboratorios, se recopilaron todos los resultados mediante informes tabulados en una hoja de cálculo para su debida interpretación, y de esta manera elaborar el diseño de un concreto de alta resistencia capaz de cumplir con las características y normas de un concreto tradicional empleado actualmente en el país; el procedimiento utilizado es el siguiente:

- Investigar sobre los agregados (Cantera Flores) más apropiados a utilizarse en diseños de concreto, en tesis desarrolladas con anterioridad en la Universidad Nacional de Chimborazo.
- Ensayos de los agregados: mediante los diferentes ensayos de laboratorios, nos permitirán obtener el diseño las características mecánicas de los agregados a utilizarse para el diseño un concreto de alta resistencia.
- Diseño patrón de concreto: se estableció un proporcionamiento de agregados en base al comité ACI 211.4
- Agregar al diseño patrón microsílíce y superplastificantes en diferentes porcentajes, tomar muestras y ensayar a los tiempos indicados según normas establecidas.
- Determinar el diseño óptimo según el porcentaje de microsílíce y superplastificantes agregado para alcanzar un concreto de alta resistencia.
- Tabulación de datos y elaboración de la curva de esfuerzo vs tiempo.

4.5. Procedimiento y análisis.

El análisis de los contenidos es una técnica para estudiar y analizar los resultados (procesamiento) de manera objetiva, sistemática. Este análisis de datos se lo realiza en íntima relación con los conceptos y categorías desarrolladas en el Marco Teórico conceptual y referencial. Esto permitió encontrar una respuesta al problema de la investigación, de hecho se debe tener presente por ejemplo: cuál es el contexto en que se deberá presentar los resultados; quienes son los usuarios de los resultados; cuales son las características de los resultados.

Mediante la utilización de procedimientos estadísticos los mismos que suministran medios valiosos para la apreciación de los resultados de las pruebas realizadas, nos permitirán ratificar los criterios y las especificaciones de diseño.

Para los ensayos correspondientes se realizarán un número determinado de probetas para la dosificación a ser analizada, cumpliendo de esta manera con las normas básicas para obtener valores representativos estadísticamente y a partir de ellas podremos calcular ciertas funciones de la resistencia del concreto.

Como pasos a seguir son:

- Encontrar el promedio general X , que será conocido también como f'_{cr} .

$$X = \frac{\sum x_i}{N}$$

- Hallar la Desviación Estándar δ .

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum x_i - \frac{\sum x_i}{N}}{N - 1}}$$

- Luego el factor de mayoración k .

Tabla 1: Factor k de acuerdo a número de ensayos.

Número total de ensayos Considerados	Factor k para incrementar la desviación estándar
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 o más	1

Fuente: Norma INEN 1855-2:2002

Se puede realizar una interpolación lineal para un número de ensayos dentro de este rango.

- El valor característico se calcula con la siguiente fórmula:

$$Val_{cart} = x_m - 1,34 * k * \delta$$

Dónde:

x_m Promedio general de los ensayos

x_i Son los resultados de cada ensayo

N	Es el total de ensayos
δ	Desviación estándar
K	Factor de mayoración

El valor de K lo adoptamos en base al mínimo requerimientos de ensayos a realizarse y para un número de evaluaciones de 20 nos da que es un valor de 1,08.

4.5.1. ENSAYO DE LOS MATERIALES.

GENERALIDADES.

Para poder realizar una propuesta de dosificaciones del concreto de alta resistencia a base de microsilice y superplastificantes con los parámetros establecidos en esta investigación primeramente se debe diseñar un concreto con materiales óptimos.

Para ello se debe tomar en cuenta muchas propiedades y características propias de los elementos que lo conforman, para el cual se hacen estudios de agregados, densidades de mezclas, diseños de concretos con el fin de determinar el diseño de mezcla adecuado y así obtener un diseño óptimo, seguido de esto se debe hacer un análisis y diseño de dosificaciones basados en el reglamento para las construcciones de concreto de esta manera establecer un costo del mismo y de qué manera contribuye al interés social.

4.5.2. CEMENTO “CHIMBORAZO”

GENERALIDADES.

El Cemento, es elaborado en la fábrica Cemento Chimborazo C. A. con su presentación de 50 kg, el cual satisface ampliamente las especificaciones de las Normas Técnicas para la preparación de concretos de alta resistencia.



Ilustración 4. 2 Presentación de un saco de 50 kg cemento Chimborazo

Este cemento es recomendable para todo tipo de obras desde la autoconstrucción hasta aquellas donde se requiere de alta ingeniería y arquitectura, usándose también en construcciones u obras grandes, es decir es un cemento para uso general.

4.5.2.1. MUS (Masa unitaria suelta).

La masa unitaria suelta consiste en la determinación de la masa por unidad de volumen del cemento en condición suelta, este ensayo que se realiza antes de realizar la dosificación para un concreto.

El instrumental es: Varilla de compactación, que debe ser metálica, recta de sección circular de 16mm de diámetro y de aproximadamente 600mm de longitud, terminando en una forma semiesférica en uno de sus extremos con un diámetro igual al de la varilla; Recipiente de medida, debe tener una forma cilíndrica de metal, de preferencia provista de manijas; Balanza, Agua, para obtener el volumen del recipiente y un Recolector, para manipular el elemento (cemento).

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- Tomar el recipiente cilíndrico pequeño y determinar su masa
- Aforar el recipiente.
- Registrar la masa del recipiente más agua.
- Calcular el volumen del recipiente.

- Retirar el agua del recipiente y secar el mismo.
- Llenar el recipiente con una porción de cemento; en forma lenta y progresiva.
- Nivelar la superficie del recipiente, con la varilla.
- Determina la masa del recipiente más agregado.
- Repetir los pasos *f*, *g* y *h* dos veces más.
- Calcular el promedio de las masas unitarias sueltas.
- Calcular y tabular la masa suelta del cemento.

4.5.2.2. Determina de la densidad cemento Chimborazo.

Para realizar este ensayo se debe de tener como instrumentos:

Frasco de Chatelier, que debe estar completamente seco, sobre todo de partículas de agua para evitar de esta manera que se endurezca el cemento dentro del mismo; Balanza, Gasolina, para obtener el peso específico del cemento; Termómetro, graduado con divisiones de $0,1^{\circ}\text{C}$; y Recipientes plásticos pequeños, para manipular el elemento (cemento).



Ilustración 4. 3 Instrumental para determina el Peso Específico del cemento.

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- Encerar y calibrar la balanza.
- Pesar alrededor de 64 de cemento con una aproximación de 0,01g.

- Llenar el frasco con gasolina hasta un punto en la parte baja del cuello entre las marcas 0cm³ y 1cm³. Si es necesario se debe secar el interior del frasco sobre el nivel del líquido después de llenarlo.
- Registrar la primera lectura después de sumergir el frasco en un baño de agua a temperatura de 23°C ±2°C
- El cemento previamente pesado se introduce en pequeños incrementos a la misma temperatura del líquido, evitando salpicaduras, cuidando que el cemento no se adhiera al interior del frasco y realizando pequeñas vibraciones para evitar que el cemento se atasque en el cuello del frasco
- Después de que el cemento ha sido introducido, colocar el tapón del frasco, y rodarlo en posición inclinada, o suavemente girarlo en círculos horizontales, de manera de liberar el aire hasta que no suban burbujas a la superficie del líquido.
- Registrar la lectura final después de que el frasco ha sido sumergido en el baño de agua a la misma temperatura que fue tomada la lectura inicial.
- Sumergir el frasco en un baño de agua a temperatura constante por periodos de tiempo suficientes, con el fin de evitar variaciones de temperatura en el frasco mayores a 0,2°C. entre las lecturas inicial y final.

4.5.3. Agua.

El agua cumple dos importantes funciones en la mezcla de un concreto de cemento Portland. Primeramente, reacciona químicamente con el cemento para producir la parte sólida de la pasta de cemento Portland que es lo que da la resistencia al concreto. En segundo lugar, provee la manejabilidad de la mezcla, importantísima propiedad para formar un concreto homogéneo y bien compactado.

Poca agua producirá un concreto denso y seco, difícil de trabajar y de homogeneizar y que por lo tanto resultará en un concreto débil. Por otro lado, mucha agua provocará la formación de muchos poros cuando el agua se evapore, favorecerá la segregación y tampoco se obtendrá un concreto homogéneo, lo cual también dará como resultado un concreto débil. Es decir, la cantidad de agua tiene

un rango, o mejor dicho, un valor óptimo para evitar estar en esas condiciones extremas.

Agua de mezclado: Se la define como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, capaz de producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. En una porción de pasta hidratada el agua se encuentra en dos formas básicas, las cuales son:

Agua de hidratación: Es aquella parte del agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida del gel de cemento. Es también conocida como agua no evaporable.

Agua evaporable: Es el agua restante que existe en la pasta, y que puede evaporarse a 0% de humedad relativa del ambiente y 110°C de temperatura, pero esta no se encuentra totalmente libre, ya que en relación a la aproximación que tiene con el gel, el agua evaporable puede estar en tres condiciones distintas; como agua de adsorción que es una capa molecular de agua que se halla fuertemente adherida a la superficie del gel por fuerzas intermoleculares de atracción; como agua capilar que es la que ocupa los poros capilares de la pasta, de manera que parte de esta se encuentra sujeta (aunque débilmente) a la influencia de las fuerzas de superficie del gel; y como agua libre que es la que se encuentra fuera de la influencia de las fuerzas de superficie del gel, de tal manera que tiene completa movilidad y por lo tanto puede evaporarse con suma facilidad. El agua de mezclado que se usa en esta investigación fue la potable

Agua de curado: Puede definirse como el conjunto de acciones necesarias para que la hidratación de la pasta evolucione sin interrupción hasta que todo el cemento se hidrate y el concreto alcance sus propiedades potenciales, estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y a la temperatura.

Por lo tanto el agua de curado constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente al cemento. La misma que es generalmente usada como es el agua potable.

4.5.4. Agregados.

Definición.

Debido a que el concreto está constituido en su mayor parte con agregados (70 – 80% en volumen), estos no son menos importantes que la pasta de cemento endurecida, el agua libre, el aire naturalmente atrapado o los aditivos.

Por el contrario, gran parte de las características del concreto, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados.

En el sentido general de la palabra, los agregados, son aquellos materiales, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento en presencia de agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocida como concreto u hormigón.

4.5.4.1. MUS (Masa unitaria suelta) Agregado fino.

Para efectuar este ensayo se debe de tener como instrumentos:

Varilla de compactación, que debe ser metálica, recta de sección circular de 16mm de diámetro y de aproximadamente 600mm de longitud, terminando en una forma semiesférica en uno de sus extremos con un diámetro igual al de la varilla; Recipiente de medida, el mismo que debe tener una forma cilíndrica de metal, de preferencia provista de manijas; Balanza, Agua, para obtener el volumen del recipiente y un Recolector, para manipular el árido fino.



Ilustración 4. 4 Instrumental para determina la MUS del A. Fino.

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- Encerar la balanza, para luego tomar el recipiente adecuado de acuerdo al tipo de elemento, en este caso el agregado fino (agregado fino de la cantera de Flores), y determina su masa.
- Aforar el recipiente con agua y cubrirlo con una placa de vidrio; para evitar el exceso de agua y elimina las burbujas de aire.
- Registrar la masa del recipiente más agua y en seguida calcular el volumen del recipiente. Retirar el agua del recipiente y secar el mismo.
- Llenar el recipiente con la arena procedente del muestreo una proporción lenta y progresiva. Nivelar la superficie del recipiente, con la varilla de compactación, mediante movimientos perpendiculares.
- Determinar y registrar la masa del recipiente más el árido fino.
- Repetir los pasos dos veces más, calcular el promedio de las masas unitarias sueltas, y tabular la masa del agregado fino para luego calcular la MUS masa unitaria suelta del agregado fino.

4.5.4.2. MUS (Masa unitaria suelta) Agregado grueso.

De igual manera al ensayo con agregado fino se debe de tener como instrumentos: Una varilla de compactación, que debe ser metálica, recta de sección circular de 16mm de diámetro y de aproximadamente 600mm de longitud, terminando en una forma semiesférica en uno de sus extremos con un diámetro igual al de la varilla; un recipiente de medida, mismo que debe tener una forma cilíndrica de metal, de preferencia provista de manijas; una balanza, agua, para obtener el volumen del recipiente y un recolector para manipular el agregado grueso.



Ilustración 4. 5 Instrumental para determinar la MUS del A. Grueso.

El procedimiento luego de tener los materiales necesarios es el siguiente:

- Encerar la balanza, para luego tomar el recipiente adecuado de acuerdo al tipo de elemento, en este caso el árido grueso (ripió triturado proveniente de la Cantera de Flores), y determinar su masa.
- Aforar el recipiente con agua y cubrirlo con una placa de vidrio; para evitar el exceso de agua y eliminar las burbujas de aire.
- Registrar la masa del recipiente más agua y en seguida calcular el volumen del recipiente. Retirar el agua del recipiente y secar el mismo.
- Llenar el recipiente con el ripio triturado procedente del muestreo en una proporción lenta y progresiva.
- Nivelar la superficie del recipiente, con la varilla de compactación, mediante movimientos perpendiculares.
- Determinar y registrar la masa del recipiente más el árido grueso. Repetir dos veces más.
- Calcular el promedio de las masas unitarias sueltas, y tabular la masa del agregado grueso. Finalmente calcular la MUS del agregado grueso.

4.5.4.3. Peso específico del agregado fino.

Para encontrar en el laboratorio los datos del Peso Específico necesitamos los siguientes instrumentos:

Balanza, que tenga una capacidad de 1kg o más , una sensibilidad de 0.1 g o menos; un picnómetro de 500cm³ de capacidad; un molde, (truncocónico); metálico, de 40 + 3mm de diámetro interior superior, 90 + 3mm de diámetro inferior, 75+3 mm de altura., siendo el espesor del metal debe ser por lo menos de 0.8mm; una varilla de compactación, que debe ser metálica, recta de sección circular de 16mm de diámetro y de aproximadamente 600mm de longitud, terminando en una forma semiesférica en uno de sus extremos con un diámetro igual al de la varilla.



Ilustración 4. 6 Instrumental para el Peso Específico del A. fino.

El procedimiento para efectuar este ensayo se lo detalla a continuación:

- Pesar aproximadamente 1.000g de árido fino, para luego sobresaturar la muestra del mismo llenando el recipiente con agua durante 24 horas.
- Luego de transcurrido este período de tiempo, retirar el agua contenida en el recipiente, con la precaución de evitar la pérdida de finos.
- Luego secar la muestra esparciéndola sobre una superficie plana, revolviéndola continuamente para obtener un secado uniforme.
- Tomar el molde truncónico y asentarlos en una superficie lisa no absorbente, llenarlo en su totalidad con una parte del árido fino parcialmente seco para finalmente apisonar 25 veces con la varilla de compactación.

- Levantar el molde en forma lenta y vertical; si la muestra conserva la forma del molde significa que la muestra todavía contiene humedad superficial, con lo que continuamos revolviendo la muestra hasta que el árido se desmorone un poco al retirar el molde, obteniendo así su estado de superficie saturado seco (SSS).
- Pesar el picnómetro vacío, para luego tomar una cierta cantidad de la muestra en SSS (300 - 500 g aproximadamente) e introducirla inmediatamente en el picnómetro; registrar el peso del picnómetro más árido en SSS.
- Llenar con agua el picnómetro hasta un 90% de su capacidad, y enseguida agitar el mismo con movimientos lentos circulares para eliminar las burbujas de aire.
- Completar el nivel de agua hasta su aforamiento es decir hasta la marca de los 500 cm³; con la ayuda de una pipeta, pesar y registrar el conjunto picnómetro, agua y muestra.
- Vaciar el picnómetro, limpiarlo y secarlo cuidadosamente. Posteriormente tabular la masa del picnómetro calibrado (llenarlo hasta la marca de 500 cm³ con agua destilada).
- Calcular y tabular Masa del árido en SSS, Volumen Desalojado y finalmente el Peso Específico.

4.5.4.4. Peso específico del agregado grueso.

Para obtener resultados en el laboratorio necesitamos los siguientes instrumentos: Balanza, que tenga una capacidad de 1kg o más, la tenemos con capacidad de 20 kg, una sensibilidad de 0.1 g o menos; una varilla de compactación, que debe ser metálica, recta de sección circular de 16mm de diámetro y de aproximadamente 600mm de longitud, terminando en una forma semiesférica en uno de sus extremos con un diámetro igual al de la varilla.



Ilustración 4. 7 Instrumental para determinar peso específico del A. grueso.

El proceso se lo expone a continuación:

- Lavar la muestra destinada para el ensayo, para eliminar recubrimientos superficiales de las partículas, y luego sumergir en agua el árido grueso empleando un recipiente lo suficientemente adecuado para el efecto, durante un período de 24 horas.
- Retirar la muestra del agua y secarla con una franela, hasta eliminar la capa visible de agua; obteniendo así su estado de superficie saturado seco (SSS). Se tendrá especial cuidado de evitar la evaporación del agua contenida en los poros del agregado.
- Determinar el peso del recipiente que contendrá el agregado en SSS, para luego depositar el agregado en SSS en el recipiente anteriormente mencionado y registrar el peso de la muestra en SSS.
- Pesar la canastilla vacía sumergida en el agua, y colocar inmediatamente el agregado en SSS en la canastilla de alambre para registrar el peso sumergido en agua. No olvidar que se deben eliminar las burbujas de aire atrapado en la canastilla con movimientos lentos.
- Calculamos la masa del agregado en SSS, masa del árido grueso en agua, volumen desalojado y posteriormente el peso específico del árido.

4.5.4.5. Capacidad de absorción del agregado fino.

Este ensayo al igual que los anteriores son de suma importancia para determinar las propiedades de los materiales utilizados en el diseño del concreto, para obtener los resultados en laboratorio se utilizaran los siguientes instrumentos:

Balanza, que tenga una capacidad de 1kg o más, la tenemos con capacidad de 2610 g, una sensibilidad de 0.1 g o menos; bandejas, para depositar la muestra del agregado fino, un horno capaz de mantener constante una temperatura de por lo menos 150°C.



Ilustración 4. 8 Instrumental para la capacidad de absorción del A. fino.

El procedimiento para efectuar este ensayo se lo detalla a continuación:

- Determinar la masa del recipiente donde se depositará la muestra de agregado fino.
- Tomar una porción del material en estado SSS y depositarla en el recipiente de masa conocida; registrar la masa del conjunto.
- Introducir el recipiente que contiene el árido fino al horno y someterlo a temperatura constante durante 24 horas.
- Retirar la muestra del horno y registrar nuevamente la masa del conjunto, recipiente y muestra seca.

- Calcular masa del árido en SSS, masa del árido seco, masa del agua contenida en el árido y finalmente determinamos la capacidad de absorción.

4.5.4.6. Capacidad de absorción del agregado grueso.

Otro de los ensayos practicados al agregado grueso consiste en encontrar su capacidad de absorción, para ello necesitamos en esta ocasión de los siguientes instrumentos, así tenemos:

Balanza, que tenga una capacidad de 1kg o más, la tenemos con capacidad de 2610 g, una sensibilidad de 0.1 g o menos; bandejas para depositar la muestra del agregado fino, un horno, capaz de mantener constante una temperatura de por lo menos 150°C.



Ilustración 4. 9 Instrumental para la capacidad de absorción del A. grueso.

El procedimiento para efectuar este ensayo se lo detalla a continuación:

- Determinar la masa del recipiente donde se depositará la muestra de agregado grueso.
- Tomar una porción del material en estado SSS y depositarla en el recipiente de masa conocida; registrar la masa del conjunto.
- Introducir el recipiente que contiene el árido grueso al horno y someterlo a temperatura constante durante 24 horas.
- Retirar la muestra del horno y registrar nuevamente la masa del conjunto, recipiente y muestra seca.

- Calcular masa del árido en SSS, masa del árido seco, masa del agua contenida en el árido y finalmente determinamos la capacidad de absorción.

4.5.4.7. Densidad óptima de agregados.

Al realizar el ensayo de densidad óptima de los agregados nos permite encontrar la máxima densidad al mezclar paulatinamente el agregado fino con el grueso, logrando encontrar en porcentaje las cantidades de los materiales a ser empleados en el diseño de concreto.

Como materiales a emplearse se tiene:

Balanzas, que tenga una capacidad de 20kg con 0,001 de sensibilidad, otra balanza con capacidad de 150 kg con 50g. de sensibilidad ; un recipiente de medida, mismo que debe tener una forma cilíndrica de metal; una varilla de compactación, que debe ser metálica, recta de sección circular de 16mm de diámetro y de aproximadamente 600mm de longitud, terminando en una forma semiesférica en uno de sus extremos con un diámetro igual al de la varilla; bandejas, para depositar la muestra del agregado fino, agregado grueso y su mezcla.



Ilustración 4. 10 Instrumental: densidad óptima de agregados.

El proceso para encontrar la densidad óptima es el que se describe a continuación:

- Tomar un recipiente adecuado de acuerdo al tipo de agregado y determinar su masa,
- Llenar el recipiente con agua hasta el punto de aforamiento y registrar la masa del recipiente más agua, para el cálculo de su volumen.
- Tomar una muestra de 35 000g de agregado grueso.
- Según los porcentajes y las cantidades que tenemos en este ensayo, debemos ir añadiendo el agregado fino a los 35000g de agregado grueso.
- Mezclar bien. Una vez hecho esto depositar en el recipiente, una porción de mezcla (árido fino – árido grueso) hasta $1/3$ de su altura, para posteriormente compactarlo con 25 golpes utilizando la varilla lisa y distribuirlos en toda la superficie de la mezcla, evitando golpear el fondo del recipiente.
- Volver a llenar el recipiente metálico hasta los $2/3$ y repetir la operación de compactación, esta vez evitando introducir la varilla hasta la capa compactada anteriormente.
- Llenar el recipiente hasta rebosarlo y compactarlo nuevamente y nivelar la superficie del recipiente con la varilla de compactación, al igual que el paso anterior.
- Determinar la masa del recipiente más la mezcla, para luego depositar nuevamente esta porción de mezcla en nuestra bandeja después de haberlo pesado.
- En esta misma mezcla depositamos la segunda porción de árido fino según la cantidad registrada en la tabla y volvemos a repetir los pasos d, e, f, g; esto se realiza las veces que sean necesarias según el número de datos.
- Una vez realizado las adiciones que se muestran en las tablas calcular la masa de la mezcla y finalmente calcular la densidad aparente de la mezcla.

4.5.4.8. Contenido de humedad de agregados - Fino y Grueso.

Este ensayo se lo debió realizar en dos partes, la primera 24 horas antes de realizar el diseño de concreto, y la segunda el día mismo del diseño. Para realizar este ensayo se necesita como materiales: un horno de secada capaz de mantener constante una temperatura de 150°C, bandejas para recoger el material, una balanza de 20 kg.



Ilustración 4. 11 Instrumental: Contenido de humedad A. fino.

El procedimiento que se siguió para hallar el contenido de humedad del agregado fino se lo describe a continuación:

- Tomar una muestra representativa del árido a ensayar (aproximadamente 2000g. para árido fino y 5000g para árido grueso), siguiendo los procedimientos de muestreo.
- Pesar y registrar la masa del recipiente en el que se va a colocar el árido
- Registrar en el cuadro de tabulación el peso exacto de la muestra en estado natural más el recipiente, e identificar claramente la misma. Evitar la pérdida de humedad contenida en el material.
- Ingresar el árido contenido en el recipiente al horno y secar durante un lapso de 24 horas.
- Retirar la muestra del horno una vez transcurridas las 24 horas y registrar la masa del recipiente más árido seco. (Día del diseño). Calcular y registrar el contenido total de humedad.

4.5.4.9. Análisis granulométrico del agregado fino.

Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para hormigones. Para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requerimientos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. Para realizar este ensayo se necesita como materiales: Balanza 2610g, Tamices, Recipientes, Brocha, Tamizadora.



Ilustración 4. 12 Tamizadora con serie de tamices para áridos finos

El procedimiento que se siguió para el análisis Granulométrico del agregado fino se lo describe a continuación:

- Secar la muestra hasta masa constante a temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Seleccionar los tamices en forma descendente 3/8, N.-8, N.-16, N.-30, N.-50, N.-100, N.-200, Bandeja.
- Pesar 3000g de material y colocarlo sobre el tamiz 3/8.
- Colocar sobre la tamizadora mecánica por un lapso de 15m.
- Pesar el material contenido en cada tamiz.

4.5.4.10. Análisis granulométrico del agregado grueso.

Este método de ensayo se utiliza para determinar las cantidades en las que están presentes partículas de ciertos tamaños en el agregado. La distribución del agregado según su tamaño se determina mediante el empleo de cifras estándar. Para realizar este ensayo se necesita como materiales: Balanza, Tamices, Recipientes, Brocha, Tamizadora.



Ilustración 4. 13 Tamizadora con serie de tamices para áridos Gruesos.

El procedimiento que se siguió para el análisis Granulométrico del agregado Grueso se lo describe a continuación:

- Secar la muestra hasta masa constante a temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayar.
- Ubicar los tamices en forma descendentes.
- Colocar la serie de tamices en la tamizadora, procedemos a colocar el árido grueso y encendemos la tamizadora.
- Tabulamos los resultados y obtenemos la curva granulométrica.

4.5.4.11. Colorimetría.

Colorimetría, es el procedimiento de análisis químico basado en la intensidad de color de las disoluciones, este procedimiento consiste en llenar un envase de vidrio con una determina cantidad de AGREGADO FINO más una solución de hidróxido de sodio, Después de revolverlo todo por cinco minutos, aproximadamente, se deja en reposo durante 24 horas. Luego de este lapso de tiempo se analiza los colores obtenidos en las botellas comparándolos con la serie de colores GARDNEY y podremos determinar así, si éste agregado es o no óptimo para ser utilizados como material de construcción.

La Tarjeta o Tabla de Colores corresponde a una que contiene cinco intensidades que van desde un ligero color amarillo hasta una coloración oscura (negro).

Amarillo claro	Amarillo oscuro	Marrón ligero	Marrón oscuro	Negro
COLOR GARDNER N° 5	COLOR GARDNER N° 8	COLOR GARDNER N° 11	COLOR GARDNER N° 14	COLOR GARDNER N° 18

Ilustración 4. 14 Serie de colores Gardner.

En los agregados se pueden encontrar algunas sustancias como lo es la materia orgánica, que por lo general consiste en materia de descomposición vegetal (humus o arcilla orgánica), las cuales si se encuentran en grandes cantidades afectan o dañan algunas propiedades del concreto como lo son el tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad. De aquí proviene la importancia de detectar éste tipo de materia, saber cómo actúan y hasta que cantidad se pueden tolerar.

Las impurezas orgánicas interfieren en las reacciones químicas de hidratación del cemento durante el proceso de fraguado causando un tipo de retraso, lo cual

ocasiona como anteriormente se nombró, una disminución en resistencia y durabilidad.

Al hablar de los perjuicios que tiene la materia orgánica en el concreto, también debemos hacer énfasis en los daños que causa en los materiales de refuerzo como el acero; donde aparece la corrosión que es uno de los mayores problemas en el concreto reforzado, produciéndose deficiencia en sus propiedades. Como no todas las impurezas orgánicas son perjudiciales lo más aconsejable es realizar el ensayo colorimétrico, que es un método muy útil para conocer la cantidad de materia orgánica en los agregados y de ésta manera poder tomar decisiones de hacer o no uso del material.



Ilustración 4. 15 Instrumentos Colorimetría del agregado fino.

- Pesar 970g de agua destilada y depositarla en un frasco adecuado para preparar el reactivo.
- Pesar 30g de Sosa Cáustica (NaOH), e introducirlo en el frasco que contiene el agua destilada.
- Una vez mezclado el agua destilada con el reactivo, esperar hasta que éste se disuelva completamente (aproximadamente 5 minutos).
- Depositar en el frasco Colorimétrico con una cierta cantidad de agregado fino (130 – 200 ml).
- Inmediatamente llenar el frasco con reactivo hasta la marca de los 300 ml.
- Limpiar la parte superior del frasco con un paño, para evitar posteriores daños al mismo.
- Agitar el frasco hasta eliminar el contenido de aire y dejarlo reposar

- Registrar la coloración producida luego de transcurrida 1 hora
- Dejar reposar el frasco durante un período de 24 horas, hasta observar la coloración de éste.

Tabla 2: Resultados de colorimetría.

INFORMACION GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:			COLORIMETRÍA	
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO DE LA MINA DE FLORES				
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO				
COLORIMETRÍA				
MUESTRA	RESULTADOS A 1 HORA		RESULTADOS A LAS 24 HORAS	
	COLOR	SERIE GARDNER	COLOR	SERIE GARDNER
1	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
2	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
3	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
4	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
5	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
6	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
7	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
8	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
9	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
10	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
11	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
12	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
13	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
14	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
15	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
16	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
17	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
18	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
19	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8
20	Amarillo Claro	N° 5	Amarillo Oscuro	N° 8

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Como se observan en las tabla el agregado fino no tienen coloración Marrón, por lo cual se concluye que éste material es apto para el uso en la fabricación del concreto de uso estructural.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados a las mezclas y la evaluación de las variables que influyen en la realización de esta investigación se evaluarán y analizarán mediante gráficos y tablas comparativas, permitiéndonos de esta manera alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación y de tal forma poder dar respuestas a las interrogantes de esta investigación.

5.1. Procedimiento de diseño de mezcla de concreto de alta resistencia (CAR).

El método propuesto por el comité 211.4 del ACI abarca el rango de resistencia entre $450 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, y $840 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, este método es aplicable a concretos de peso normal. Las consideraciones básicas de este método al igual que en el método para concretos convencionales es la determinación de la cantidad de los materiales requeridos para producir un concreto con las propiedades en estado fresco y endurecido deseadas y a un bajo costo. El procedimiento consiste en una serie de pasos, con los cuales se debe cumplir los requerimientos de resistencia y trabajabilidad deseados, el método recomienda elaborar varias pruebas en laboratorio y en el campo hasta encontrar la mezcla deseada.

El método ACI 211.4 divide al procedimiento en los siguientes pasos:

5.2. Seleccionar el asentamiento y la resistencia del concreto requerido.

A pesar que un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante sin una medida inicial del asentamiento, es recomendado un asentamiento de 1 a 2" antes de adicionar el superplastificante. Esto asegura una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitirá que el superplastificante sea efectivo.

Para un concreto elaborado sin superplastificantes es recomendado un asentamiento entre 2 a 4", esto puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizarse. Concreto con menos de 2" de asentamiento son difíciles de consolidar dado el alto contenido de agregado grueso y material cementicos.

Tabla 3: SLUMP (asentamiento) recomendado para concretos de alta resistencia con y sin superplastificantes

SLUMP CON	SLUMP SIN SP
1" - 2"	2" - 4"

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

5.2.1. Seleccionar el tamaño máximo del agregado.

Basados en los requerimientos de resistencia, el tamaño máximo del agregado es dado en la tabla 4. El ACI 318 establece que el tamaño máximo de un agregado no debe exceder una quinta parte de la dimensión menor entre lo lados del elementó, una tercera parte de la profundidad de la losa, o tres cuartas partes del mínimo espaciamiento entre barras de refuerzos.

Tabla 4: Tamaño máximo del agregado grueso.

Resistencia requerida del concreto $\frac{kg}{cm^2}$	Tamaño Máximo del agregado
<630	$\frac{3}{4} - 1''$
>630	$\frac{3}{8} - \frac{1}{2}$

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

5.2.2. Seleccionar el contenido de agregado grueso.

El óptimo contenido de agregado grueso depende su resistencia característica y tamaño máximo. El contenido optimo recomendado de agregado grueso, expresa

como una fracción del peso unitario compactado, es dado en la Tabla 5 como una función del tamaño máximo nómima.

El peso seco del agregado grueso por m^3 de concreto puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$W_{sec} = \%Vol * MUC$$

En un proporcionamiento de una mezcla de concreto normal, el contenido óptimo de agregado grueso es dado como una función del tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino. Las mezclas de concreto de alta resistencia, sin embargo, tiene un alto contenido de materiales cementicos, y por lo tanto no son dependientes del agregado fino para lograr la lubricación y compactibilidad de la mezcla. Por supuesto los valores dados en la Tabla 5 son recomendados para arenas que tienen un módulo de finura entre 2,5 a 3,2.

Tabla 5: Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto.

Tamaño nominal máximo.	3" 8	1" 2	3" 4	1"
Fracción volumétrica psag	0,65	0,68	0,72	0,75

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

5.2.3. Estimar el agua de mezcla y el contenido de aire.

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir un asentamiento dado es dependiente del tamaño máximo, formado de las partículas, gradación del agregado, cantidad de cemento y tipo de plastificante o superplastificantes usados. Si se usa un superplastificantes, el contenido de agua en esta aditivo es tomado en cuenta para el cálculo de la relación agua/cemento: La tabla 6 da una primera estimación del agua de mezcla requerida para concretos elaborados con agregados de tamaño máximo entre 1" y $\frac{3}{8}$ ", esta cantidad de agua es estimada sin la adición del aditivo, en la misma tabla también se da los valores estimados de aire atrapados. Estas cantidades de agua de mezclado son máximas para un agregado bien gradado, angular y limpio que cumple con los límites de la norma ASTM C 33. Dado que la forma de las partículas y la textura superficial

del agregado fino puede influenciar significativamente su contenido de vacíos, el requerimiento de agua de mezcla puede ser diferente de los valores dados.

Los valores dados en la tabla 6 son aplicables cuando el agregado fino usado tiene un contenido de vacíos igual a 35%, el contenido de vacíos del agregado fino puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de Vacios } \%V = \left(1 - \frac{MUC_{A.FINO}}{P \cdot E_{A.FINO}}\right) * 100$$

Usando la ecuación anterior obtenemos un ajuste de $4,72 \frac{kg}{cm^3}$ por cada punto porcentual del contenido de vacios de la arena.

Tabla 6: Requerimientos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire del concreto.

Slump	Agua de mezclado en kg/cm ³ para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1" - 2"	183	174	168	165
2" - 3"	189	183	174	171
3" - 4"	195	189	180	177
Aire Atrapado				
Sin Superplastificante	3	2,5	2	1,5
Con Superplastificante	2,5	2	1,5	1

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

5.2.4. Seleccionar la relación agua/material cementicos.

En las tablas 8-9 se ven los valores máximos recomendados para la relación agua/materiales cementicos son mostrados como una función del tamaño máximo del agregado para alcanzar diferentes resistencias a compresión en 28 o 56 días.

Los valores dados en la tabla 7 son para concreto elaborados sin superplastificantes y los dados en la tabla 8 para concretos con superplastificante. La relación agua/materiales cementicos puede limitarse por requerimientos de durabilidad. Cuando el concreto de material cementico excede los 450 kg, se debe considerar el uso de un material cementico alternativo.

Tabla 7: Resistencia promedio deberá ser reajustada para usar esta tabla con un valor de 0,9.

Resistencia promedio f ^c kg/cm ²	Edad (días)	Relación a/cm para los tamaños máximos de agregados grueso indicados			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
500	28	0,41	0,4	0,39	0,38
	56	0,44	0,43	0,42	0,42
550	28	0,36	0,35	0,34	0,34
	56	0,39	0,38	0,37	0,36
600	28	0,32	0,31	0,31	0,3
	56	0,35	0,34	0,33	0,32
650	28	0,29	0,28	0,28	0,27
	56	0,32	0,31	0,3	0,29
700	28	0,26	0,26	0,25	0,25
	56	0,29	0,28	0,27	0,26

Tabla 8: Relación agua/material cementicos para concretos con superplastificantes.

Resistencia promedio f" c* kg/cm2	Edad (días)	Relación a/cm para los tamaños máximos de agregados grueso indicados			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
500	28	0,49	0,47	0,45	0,42
	56	0,54	0,51	0,47	0,45
550	28	0,44	0,42	0,4	0,39
	56	0,49	0,46	0,43	0,41
600	28	0,4	0,38	0,36	0,35
	56	0,44	0,41	0,39	0,37
650	28	0,36	0,35	0,33	0,32
	56	0,4	0,38	0,36	0,34
700	28	0,33	0,32	0,31	0,3
	56	0,37	0,35	0,33	0,32
750	28	0,31	0,3	0,28	0,28
	56	0,34	0,32	0,3	0,3
800	28	0,29	0,28	0,26	0,26
	56	0,32	0,3	0,28	0,28
850	28	0,27	0,26	0,25	0,25
	56	0,3	0,28	0,27	0,26

5.2.5. Cálculo del contenido de material cementicio.

El peso del material cementicio requerido por m³ de concreto puede ser determinado por la división de la cantidad de agua de mezclado entre relación a/mc seleccionado. Sin embargo si las especificaciones incluyen un límite mínimo en la cantidad de material cementicio por m³, este debe ser cumplido.

5.2.6. Proporcionamiento de la mezcla de prueba base.

Para determinar las proporciones óptimas primero se debe realizar una mezcla base, los siguientes pasos deben ser seguidos para completar la mezcla:

- Contenido de cemento.- para esta mezcla, el peso del cemento será igual al calculado en el paso anterior.
- Contenido de arena.- después de determinar los pesos por m³ de agregado grueso, cemento, agua, y contenido de aire atrapado, el contenido de arena puede ser calculado usando el método de volumen absoluto.

5.2.7. Mezclas de pruebas.

Por cada mezcla el proporcionamiento se hará siguiendo los pasos del 5.2 al 5.2.6, una mezcla de prueba debe ser producida determinando su trabajabilidad y características de resistencia.

5.2.8. Ajustes de las proporciones de la mezcla.

Si las propiedades deseadas del concreto no han sido obtenidas en las mezclas de pruebas, las proporciones de la mezcla base deben ser modificadas siguiendo el procedimiento siguiente:

- Asentamiento Inicial.- Si el asentamiento inicial no se encuentra en los rangos deseados, el agua de mezclado debe ser ajustada, el contenido de

cemento debe ser corregido para mantener constante la relación a/mc, y contenido de arena debe ser ajustado para asegurar el flujo del concreto.

- Dosis de Superplastificante.- Si un superplastificante es usado, debe ser determinado su efecto en la trabajabilidad y resistencia. Se debe seguir las indicaciones dadas por el fabricante en cuanto a su máximo de uso. El uso en laboratorio de superplastificante debe ser ajustado para su uso en campo.
- Contenido de agregado grueso.- una vez que la mezcla prueba de concreto han sido ajustada para el asentamiento deseado, se debe determinar si la mezcla es demasiado áspera. Si es necesario el contenido de agregado grueso puede ser reducido y el contenido de arena ajustado. Sin embargo este incremento del concreto de arena incrementa la demanda de agua, y por lo tanto el contenido de cemento.
- Contenido de Aire.- Si el contenido de aire difiere significativamente de las proporciones deseadas, el contenido de arena puede ser ajustado.
- Relación a/mc.- Si la resistencia requerida no es alcanzada, se mezcla adicionales con una menor relación a/mc, estas deben ser elaboradas.

5.2.9. Selección de la mezcla óptima.

Una vez que las proporciones de mezcla han sido ajustadas se produce la trabajabilidad y resistencia deseada, es necesario realizar pruebas en las condiciones de campo de acuerdo a los procedimientos recomendados por el ACI 211.1.

5.2.10. Cálculo experimental del diseño de las mezcla de concreto de alta resistencia (CAR).

Partiendo del diseño patrón con una resistencia establecida de $500 \frac{kg}{cm^2}$ se varia la cantidad de microsílíce en porcentajes del 3,5,7,9 y 10%, para luego hallar su resistencia a compresión a los 28 días, las proporciones con diferentes contenidos de microsílíce serán denominado cada una por su proporción correlativa (M3, M5,

M7, M9, M10)%, el trabajo experimental de laboratorio consistirá en elaborar 5 mezclas resultantes de la aplicación de 5 diferentes tasas de dosificaciones de aditivo y microsilice para cada una de estas mezclas.

Los componentes de cada una de las mezclas poseen las mismas propiedades físicas en cada una de las mezclas, de este modo, la variable a tomar en cuenta en la investigación será únicamente la variación de la tasa de dosificación del superplastificante y el microsilice.

Las dosificaciones de superplastificantes a utilizarse para las mezclas serán del 1% adicionando 0,2% hasta llegar al 2% de superplastificantes por cada kilogramo de cemento, hasta obtener un asentamiento deseado.

La dosificación de microsilice se irá variando desde el 3% al 10% por cada kilogramo de cemento. Después se realizará el cálculo teórico experimental del diseño de cada mezcla y así elaborar el diseño definitivo.

Cada una de las mezclas a realizar será inspeccionado, por medio de la relación de información de los proporcionamientos de cada uno de los materiales que la constituyen; para cada una de las mezclas en estado fresco se medirán los parámetros de asentamiento del concreto de cada mezcla para controlar su trabajabilidad y el concreto endurecido, se estudiará la resistencia a la compresión en cilindros.

Cada una de las mezclas se elaborará mecánicamente en una máquina concretadora, para cada una de las mezclas se elaborará concreto para 6 cilindros, donde que 3 cilindros se ensayaran a las edades de 7 días y 3 a los 28 días de edad.

La resistencia a la compresión serán medidos en cilindros de 150mm de diámetro y 300mm de altura, todos los especímenes serán curados según lo establece la norma ASTM C – 192 hasta el día de su ensayo.

Tabla 9: Datos de materiales a intervenir.

AGREGADO FINO				
MODULO DE FINURA	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	MUC (g/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	ABSORCIÓN (%)
3,01	2,51	1,73	4,61	3,34
AGREGADO GRUESO				
TAMAÑO MÁXIMO PARTICULAR (Plg)	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	MUC (g/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	ABSORCIÓN (%)
1	2,61	1,56	1,08	2,14
P.E CEMENTO (g/cm ³)	P.EMICROSILICE (kg/m ³)	ASENTAMIENTO (plg)	f'c (kg/cm ²)	
3,13	70	2	500	

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

- De la tabla 6 obtenemos el volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto = 0,75, calculamos el peso seco del agregado grueso en m^3 de concreto.

$$W_{sec} = \%Vol * MUC$$

$$W_{sec} = 0,75 * (1,56 * 1000)$$

$$W_{sec} = 1170Kg$$

- De la tabla 7, la primera estimación del agua de mezclado requerida es $165 \frac{kg}{cm^3}$ de concreto y el contenido de aire es de 1%. Calculamos el contenido de arena:

-

$$\text{Contenido de Vac \%V} = \left(1 - \frac{MUC_{A.FINO}}{P.E_{A.FINO}}\right) * 100$$

$$\text{Contenido de Vac \%V} = \left(1 - \frac{1,73 \frac{g}{cm^3}}{2,51 \frac{g}{cm^3}}\right) * 100$$

$$\text{Contenido de Vac \%V} = 31,07$$

- De la tabla 9, obtenemos el valor de la relación a/mc, la resistencia promedio debe ser ajustada previamente para utilizar la tabla 9.

$$f'_{cr} = 0,90 * 664,44 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_{cr} = 598 \frac{kg}{cm^2}$$

Obtenemos de la tabla 9 para agregado de 1”

$$\text{Relacion } \frac{a}{mc} = 0,352 \rightarrow \text{por interpolacion}$$

- Calculo del contenido de materiales cementicos:
- Conocemos en el contenido de agua, 165 kg.

$$mc = \frac{165}{0,352}$$

$$mc = 468,75 \text{ kg}$$

- Proporciones básicas para mezclas solo con cemento:

Las proporciones de todos los materiales por m^3 excepto el agregado fino es la siguiente:

Tabla 10: Propiedades de los materiales por m^3 .

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	0,154	m^3

Agregado Grueso	0,465	m3
Agua	0,165	m3
Aire	0,012	m3
Agregado Fino	0,256	m3
Total-Agregado Fino	0,788	m3

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

La cantidad de agregado fino por m^3 sera:

$$Ag. Fino. = 0,236 * P.E.$$

$$Ag. Fino. = 0,236 * (2,51 * 1000).$$

$$Ag. Fino. = 597,38 \text{ kg}$$

Tabla 11: Proporciones de la mezcla en peso.

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	468,75	kg/m3
Agregado Grueso	1170	kg/m3
Agua	165	kg/m3
Agregado Fino	597,38	kg/m3
Total	2426,46	kg/m3

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

- Proporciones de mezclas usando cemento y microsíllice:

En base a las recomendaciones técnicas de sika- Fume el porcentaje de microsíllice va del 3% al 10%. Usamos 5 mezclas de pruebas con contenido de 3, 5, 7, 9 y 10%.

Tabla 12: Proporciones de la mezcla usando cemento y microsíllice.

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5
MICROSILICE (%)	3	5	7	9	10
CEMENTO (kg)	480,13	470,22	460,33	450,43	445,48
MICROSILICE (kg)	14,06	23,44	32,81	42,19	46,88

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Las proporciones de todos los materiales por m^3 excepto el agregado fino son las siguientes.

Tabla 13: Proporción de los materiales por m3.

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5
CEMENTO (m3)	0,150	0,146	0,143	0,140	0,139
MICROSILICE (m3)	0,02	0,033	0,047	0,06	0,067
AGREGADO GRUESO (m3)	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465
AGUA (m3)	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165
AIRE (m3)	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TOTAL (m3)	0,804	0,814	0,825	0,835	0,841

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

El volumen de agregado fino será:

Tabla 14: Volumen del agregado fino por m3.

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5
AGREGADO FINO (m3)	0,228	0,216	0,206	0,194	0,189
TOTAL (m3)	0,804	0,814	0,825	0,835	0,841

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 15: Proporción de la mezcla en peso $\frac{kg}{m^3}$.

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5	6
CEMENTO	480,13	470,22	460,33	450,43	445,48	439,98
MICROSILICE	14,06	23,44	32,81	42,19	46,88	0
AGREGADO GRUESO	1170	1170	1170	1170	1170	1170

AGREGADO FINO	486,92	469,58	440,73	417,63	414,72	521,56
AGUA	165	165	165	165	165	165
TOTAL	2290,67	2273,33	2244,48	2221,38	2218,48	2325,31

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

✓ Ajuste por el contenido de agua en los agregados:

Contenido de Humedad Agregado Grueso= 1,09%

Contenido de Humedad Agregado Fino=4,83%

Corregimos el contenido de agregado considerando su contenido de humedad, para la mezcla con solo cemento tendremos:

$$Ag. Grue. Corregido = 1170 * (1 + 0,0108)$$

$$Ag. Grue. Corregido = 1182,63g$$

$$Ag. Fino. Corregido = 597,38 * (1 + 0,0461)$$

$$Ag. Fino. Corregido = 624,91 Kg$$

Corregimos el agua de mezcla tomando en cuenta la absorción de los agregados:

$$Agua Corregida = 165 - 596,38 * (0,0461 - 0,0334) - 1170 * (0,0108 - 0,0214)$$

$$Agua Corregida = 162,81Kg$$

Tabla 16: Pesos corregidos de los materiales en $\frac{kg}{m^3}$.

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5	6
CEMENTO	480,13	470,22	460,33	450,43	445,48	439,98
MICROSILICE	0	14,06	23,44	32,81	42,19	46,88
AGREGADO GRUESO	1182,63	1182,63	1182,63	1182,63	1182,63	1182,63
AGREGADO FINO	624,91	543,88	520,78	497,69	474,59	463,04
AGUA	162,81	162,81	162,81	162,81	162,81	162,81
TOTAL	2360,94	2279,91	2256,81	2233,72	2210,62	2199,08

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 17: Datos de los cilindros

VOL. DEL CILINDRO (m3)	0,0053
N° DE CILINDROS	6
CONCRETO (m3)	0,0318
m3 PREPARAR	0,04

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 18: Pesos de los materiales para elaborar la Mezcla 1

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5	6
CEMENTO	19,20	18,81	18,41	18,01	17,81	17,59
MICROSILICE	0	0,563	0,938	1,313	1,688	1,875
AGREGADO GRUESO	47,21	47,21	47,21	47,21	47,21	47,21
AGREGADO FINO	24,90	21,75	20,83	18,98	18,51	16,98
AGUA	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51
TOTAL	93,18	89,93	89,00	88,80	86,07	86,70
ADITIVO %	1	1,3	1,3	1,3	1,3	2
ADITIVO(m3)	176,89	223,05	210,05	205,63	209,26	318,4
MICROSILICE %	0	3	5	7	9	10

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

La prueba 1 se realizó sustituyendo la cantidad de cemento por el porcentaje de microsilice (3, 5, 7, 9,10) %.

Mientras tanto que la prueba 2-3 se realizó aumentando el porcentaje de microsilice a la cantidad de cemento, pero tomando en consideración no alterar la relación agua/material cementante. Realizamos este cambio debido a que después de haber ensayado a compresión los cilindros de las mezclas anteriores no llegaban a la resistencia requerida en el diseño.

Realizando todos los cálculos anteriormente descritos como resultado lo mostramos en las siguientes tablas:

Tabla 19: Pesos corregidos de los materiales en $\frac{kg}{m^3}$.

N° DE PRUEBAS	2	3	4	5
CEMENTO	480,13	480,13	480,13	480,13
MICROSILICE	14,06	23,44	32,81	46,88
AGREGADO GRUESO	1182,63	1182,63	1182,63	1182,63
AGREGADO FINO	530,41	449,38	426,28	403,19
AGUA	195,02	180,02	186,88	204,42
TOTAL	2390,87	2304,22	2297,35	2305,87

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 20: Datos de los cilindros.

VOL. DEL CILINDRO (m3)	0,0053
N° DE CILINDROS	4
CONCRETO (m3)	0,0212
m3 PREPARAR	0,03

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 21: Pesos de los materiales para elaborar la Mezcla 2.

N° DE PRUEBAS	2	3	4	5
CEMENTO	14,40	14,40	14,40	14,40
MICROSILICE	0,422	0,703	0,984	1,406
AGREGADO GRUESO	35,90	35,90	35,90	35,90
AGREGADO FINO	15,91	13,47	12,79	12,09
AGUA	5,84	5,39	5,60	6,13
TOTAL	72,13	69,52	69,33	69,58
ADITIVO %	1,3	1,3	1,3	1,3
ADITIVO(m3)	172,46	172,46	172,46	172,46
MICROSILICE %	3	5	7	10

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

5.2.11. Procedimiento de refrendado de especímenes cilindros de concreto.

Esta práctica cubre los procedimientos requeridos para la elaboración de concretos de alta resistencia. Para realizar este ensayo se necesita como materiales: Platos para refrendado, Dispositivos de alineación, Recipientes para calentar sulfuro.



Ilustración 5. 1 Instrumentos de ensayo para refrendado.

El procedimiento que se siguió para el ensayo de refrendado se lo describe a continuación:

- Prepara el mortero de sulfato por calentamiento a 130°C aproximadamente. Chequear la temperatura mortero de sulfato cada hora.
- Comprobar que el plato de refrendado se encuentre caliente.
- Verificar que el plato de refrendado se encuentre limpio y libre de rugosidades.
- Aceitar ligeramente el plato de refrendado.
- Inmediatamente derretido el sulfato batir antes de colocar en el plato.
- Verificar que la cara del espécimen esté libre de grasas, aceites y que no contenga exceso de humedad.
- Chequear que la capa quede correctamente pegada al espécimen y no contenga espacios vacíos. Para el chequeo se puede utilizar una moneda, para golpear la cara del espécimen que ha sido capeada, en caso de producirse un sonido hueco, la capa de refrendado deberá ser remplazada.
- Proteger el espécimen capeado de la rápida evaporación, y las pérdidas de humedad.

5.3. RESULTADOS.

5.3.1. GENERALIDADES.

Antes de realizar cualquier diseño es necesario que se conozca ciertos parámetros que determinen las propiedades de los agregados con que se cuenta y que además se utilicen para conocer si los agregados cumplen con los requerimientos exigidos para el tipo de concreto a elaborar; es por esto que en este capítulo se presenta los resultados de los diferentes ensayos como son: contenido de humedad, peso específico, capacidad de absorción, masa unitaria suelta y compactada, análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos; peso específico y masa unitaria suelta del cemento.

5.3.2. REQUISITOS DE LOS ENSAYOS:

- Agregado grueso –Norma ASTM C 33.
- Agregado fino – Norma ASTM C 33 donde $2,9 < MF < 3,10$.
- Peso agregado grueso - $2,4 < PE < 2,90$ - % Ads < 4%.
- Peso agregado Fino - $2,4 < PE < 2,90$ - % Ads < 6%.
- Peso Volumétrico del agregado grueso “MUC” – $1,26-1,75$ g/cm³.
- Peso Volumétrico del agregado fino “MUC” - S/N.
- Peso específico del cemento - S/N.
- Propiedades microsílíce - S/N.
- Propiedades aditivo - S/N.

Tabla 22: Materiales del concreto de alta resistencia.

ENSAYO	NORMA	RESULTADO	OBSERVACIÓN
Granulometría del agregado Grueso	ASTM C 136	TMP= 1”	Cumple con lo requerido en la norma.
Granulometría agregado fino	ASTM C 136	MF = 3,01	Cumple con lo requerido en la norma.
Peso específico y Absorción agregado grueso	ASTM C 128	PE = 2,61 g/cm ³ % Abs = 2,14	Cumple con lo requerido en la norma.
Peso específico y Absorción agregado	ASTM C 128	PE = 2,51 g/cm ³ % Abs = 2,14	Cumple con lo requerido en la norma.

fino			
Peso volumétrico agregado grueso (MUC)	ASTM C 29	MUC = 1,56 g/cm ³	Cumple con lo requerido en la norma.
Peso volumétrico agregado fino (MUC)	ASTM C 29	MUC = 1,73g/cm ³	Cumple con lo requerido en la norma.
Peso específico del cemento	NTEINEN 156	PE = 3,13 g/cm ³	-----
Propiedades microsílíce	-----	PE = 700 kg/cm ³	-----
Propiedades Aditivo	-----	-----	-----

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

A continuación se detalla cada uno de los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados en el laboratorio para la elaboración del concreto de alta resistencia y tomando en cuenta los distintos parámetros de diseño del concreto.

Tabla 23: Masa unitaria Suelta del Cemento.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		MASA UNITARIA SUELTA CEMENTO		
CEMENTO CHIMBORAZO				
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
MUS_i	1,00	0,99	1,05	1,03
	1,05	1,00	1,04	1,01
	1,04	1,00	1,11	1,04
	0,97	1,07	0,97	1,09
	1,01	0,94	0,98	1,05
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (MUS_i)$	20,44			
$MU_{promed} = \frac{\sum}{n}$	1,02			
$(MUS_i - MU_{promed})$	-0,02	-0,03	0,03	0,01
	0,03	-0,02	0,02	-0,01
	0,02	-0,02	0,09	0,02
	-0,05	0,05	-0,05	0,07
	-0,01	-0,08	-0,04	0,03
$(MUS_i - MU_{promed})^2$	0,000	0,001	0,001	0,000
	0,001	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,008	0,000
	0,003	0,002	0,003	0,005
	0,000	0,007	0,002	0,001
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (MUS_i - MU_{promed})^2$	0,001			
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum (MUS_i - MU_{promed})^2}{n-1}}$	0,008			
$MUS_{CARACT} = MU_{PROMED} - 1.34 * k * \delta$	1,01			
MASA UNITARIA SUELTA CEMENTO			1,01 g/cm3	

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 24: Peso Específico del Cemento.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN					
INFORME DE ENSAYOS:		PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO			
CEMENTO CHIMBORAZO					
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>					
DESCRIPCIÓN		VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°		1-5	6-10	11-15	16-20
PE_i (Peso Específico)		3,18	3,14	3,13	3,18
		3,16	3,18	3,14	2,99
		3,20	3,16	3,17	3,17
		3,17	3,14	3,17	3,17
		3,17	3,17	3,11	3,23
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (P \cdot E_i)$		63,13			
$PE_{promed} = \frac{\sum}{n}$		3,16			
$PE_i - PE_{promed}$		0,11	-0,03	-0,04	0,00
		-0,01	0,00	-0,03	-0,08
		0,13	-0,01	0,00	0,00
		0,10	-0,03	0,00	0,00
		-0,07	0,00	-0,06	0,16
$(PE_i - PE_{promed})^2$		0,01	0,00	0,00	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,01
		0,02	0,00	0,00	0,00
		0,01	0,00	0,00	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,03
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (PE_{promed})^2$		0,007			
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum(PE_{promed})^2}{n-1}}$		0,019			
$PE_{CARACT} = PE_{PROMED} \cdot 1,34 \cdot k \cdot \delta$		3,13			
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO				3,13 g/cm3	

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 25: Contenido de Humedad del agregado Grueso.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		CONTENIDO DE HUMEDAD "AGREGADO GRUESO-MINA FLORES"		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO FINO DE LA MINA DE FLORES				
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
C.H.i (Contenido de Humedad)	1,10	1,13	1,30	1,11
	1,03	1,05	1,10	1,03
	1,08	1,20	1,12	1,11
	1,08	1,12	1,09	1,04
	1,05	1,10	1,10	1,05
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (C.H_i)$	21,99			
$C.H_{promed} = \frac{\sum}{n}$	1,10			
$C.H_i - C.H_{promed}$	0,00	0,03	0,20	0,01
	-0,07	-0,05	0,00	-0,07
	-0,02	0,10	0,02	0,01
	-0,02	0,02	-0,01	-0,06
	-0,05	0,00	0,00	-0,05
$(C.H_i - C.H_{promed})^2$	0,000	0,001	0,040	0,000
	0,005	0,002	0,000	0,005
	0,000	0,010	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,004
	0,002	0,000	0,000	0,002
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (C.H_{promed})^2$	0,005			
DESVIACIÓN STÁNDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum(CH_{promed})^2}{n-1}}$	0,017			
$C.H_{\text{CARACT}} = C.H_{\text{PROMED}} - 1.34 * k * \delta$	1,08			
CONTENIDO DE HUMEDAD "AGREGADO GRUESO-MINA FLORES"			1,08	g/cm3

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 26: Peso Específico del agregado Grueso.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		PESO ESPECIFICO "AGREGADO GRUESO-MINA FLORES"		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO FINO DE LA MINA DE FLORES				
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
PE_i (Peso Específico)	2,64	2,61	2,60	2,61
	2,63	2,61	2,59	2,63
	2,60	2,63	2,63	2,60
	2,59	2,61	2,60	2,59
	2,61	2,60	2,59	2,61
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (P \cdot E_i)$	52,18			
$PE_{promed} = \frac{\sum}{n}$	2,61			
$PE_i - PE_{promed}$	0,03	0,00	-0,01	0,00
	0,02	0,00	-0,02	0,02
	-0,01	0,02	0,02	-0,01
	-0,02	0,00	-0,01	-0,02
	0,00	-0,01	-0,02	0,00
$(PE_i - PE_{promed})^2$	0,001	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (PE_i - PE_{promed})^2$	0,000			
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum(PE_{promed})^2}{n-1}}$	0,001			
$PE_{CARACT} = PE_{PROMED} 1.34 * k * \delta$	2,61			
PESO ESPECIFICO "AGREGADO GRUESO-MINA FLORES"			2,61	g/cm ³

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 27: Masa Unitaria Suelta del agregado Grueso.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO GRUESO		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO DE LA MINA DE FLORES				
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>				
MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
MUS_i	1,51	1,50	1,50	1,52
	1,50	1,52	1,48	1,51
	1,51	1,52	1,52	1,51
	1,48	1,51	1,48	1,52
	1,52	1,51	1,50	1,51
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (MUS_i)$	30,13			
$MU_{promed} = \frac{\sum}{n}$	1,51			
$(MUS_i - MUS_{promed})$	1,51	1,50	1,50	1,52
	1,50	1,52	1,48	1,51
	1,51	1,52	1,52	1,51
	1,48	1,51	1,48	1,52
	1,52	1,51	1,50	1,51
$(MUS_i - MUS_{promed})^2$	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (MUS_i - MUS_{promed})^2$	0,000			
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum (MUS_{promed})^2}{n-1}}$	0,000			
$MUS_{CARACT} = MUS_{PROMED} - 1.34 * k * \delta$	1,51			
MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO GRUESO			1,51	g/cm ³

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 28: Masa Unitaria Compactada del agregado Grueso.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO GRUESO		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO DE LA MINA DE FLORES				
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>				
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
MUC_i	1,58	1,53	1,56	1,59
	1,55	1,59	1,58	1,57
	1,57	1,52	1,52	1,57
	1,58	1,58	1,58	1,57
	1,52	1,55	1,59	1,57
$SUMATORIA \sum_{i=1}^n (MUC_i)$	31,27			
$M. U_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	1,56			
$(MUC_i - MUC_{PROMEDIO})$	1,58	1,53	1,56	1,59
	1,55	1,59	1,58	1,57
	1,57	1,52	1,52	1,57
	1,58	1,58	1,58	1,57
	1,52	1,55	1,59	1,57
$(MUC_i - MUC_{PROMEDIO})^2$	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
$SUMATORIA \sum_{i=1}^n (MUC_{PROMEDI})^2$	0,000			
$DESVIACION ESTANDAR \delta = \sqrt{\frac{\sum (MUC_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0,000			
$MUC_{CARAC} = MUC_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$	1,56			
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO GRUESO			1,56	g/cm ³

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 29: Granulometría del agregado Grueso.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN						
INFORME DE ENSAYOS:		GRANULOMETRIA "AGREGADO GRUESO-CANTERA FLORES-CHIMBORAZO"-CARACTERISTICAS				
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO FINO DE LA MINA DE FLORES						
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO						
GRANULOMETRIA "AGREGADO GRUESO-CANTERA FLORES-CHIMBORAZO"-CARACTERISTICAS						
Tamiz		Peso retenido parcial (g)	Retenido acum (%)	Pasante (%)	Especificaciones	
(Pulg.)	Masa retenida parcial(g)					
2	0	0	0	100	100	100
1 1/2	143	2	2	98	95	100
1	2127	24	25	75	65	85
3/4	1874	21	46	54	35	70
1/2	2809	31	77	23	20	50
3/8	1100	12	89	11	10	30
N.-4	770	9	98	2	0	20
N.-8	48	1	99	1	0	6
N.-16	14	0	99	1		
N.-30	10	0	99	1		
BANDEJA	105	1	100	0		
	9000	100				
material		AGREGADO FINO DE LA MINA FRORES DEL CANTON RIOBAMBA				

Tamiz	Curva Superior (%)	Curva Inferior (%)
3/8	100	100
N.-4	98	95
N.-8	75	65
N.-16	23	20
N.-30	11	10
N.-50	2	0
N.-100	1	0
100	1	0
N.-200	1	0
BANDEJA	1	0

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 30: Contenido de Humedad del Agregado Fino.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		CONTENIDO DE HUMEDAD "AGREGADO FINO-CANtera FLORES"		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO FINO DE LA CANtera DE FLORES				
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANtera FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
C.H _i (Contenido de Humedad)	4,64	4,61	4,60	4,61
	4,63	4,61	4,59	4,63
	4,60	4,63	4,63	4,60
	4,59	4,61	4,60	4,59
	4,61	4,60	4,59	4,61
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (C.H_i)$	92,18			
$C.H_{promed} = \frac{\sum}{n}$	4,61			
$C.H_i - C.H_{promed}$	0,03	0,00	-0,01	0,00
	0,02	0,00	-0,02	0,02
	-0,01	0,02	0,02	-0,01
	-0,02	0,00	-0,01	-0,02
	0,00	-0,01	-0,02	0,00
$(C.H_i - C.H_{promed})^2$	0,001	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (C.H_{promed})^2$	0,000			
DESVIACIÓN STÁNDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum (CH_{promed})^2}{n-1}}$	0,001			
$C.H_{\text{CHARACT}} = C.H_{\text{PROMED}} - 1.34 * k * \delta$	4,61			
CONTENIDO DE HUMEDAD "AGREGADO FINO-CANtera FLORES"	4,61	g/cm ³		

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 31: Peso Específico del Agregado Fino.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		PESO ESPECIFICO "AGREGADO FINO-CANtera FLORES"		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO FINO DE LA CANtera DE FLORES				
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANtera FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
PE_i (Peso Específico)	2,54	2,51	2,50	2,51
	2,53	2,51	2,49	2,53
	2,50	2,53	2,53	2,50
	2,49	2,51	2,50	2,49
	2,51	2,50	2,49	2,51
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (PE_i)$	50,18			
$PE_{promed} = \frac{\sum}{n}$	2,51			
$PE_i - PE_{promed}$	0,03	0,00	-0,01	0,00
	0,02	0,00	-0,02	0,02
	-0,01	0,02	0,02	-0,01
	-0,02	0,00	-0,01	-0,02
	0,00	-0,01	-0,02	0,00
$(PE_i - PE_{promed})^2$	0,001	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (PE_i - PE_{promed})^2$	0,000			
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum(PE_{promed})^2}{n-1}}$	0,001			
$PE_{CARACT} = PE_{PROMED} + 1,34 * k * \delta$	2,51			
PESO ESPECIFICO "AGREGADO FINO-CANtera FLORES"			2,51	g/cm ³

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 32: Capacidad de Absorción del Agregado Fino.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN					
INFORME DE ENSAYOS:		CAPACIDAD DE ABSORCION "AGREGADO CANTERA FLORES"			
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE FLORES					
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>					
DESCRIPCIÓN		VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°		1-5	6-10	11-15	16-20
C.Ai (Capacidad de Absorción)		3,38	3,39	3,50	3,31
		3,36	3,40	3,30	3,38
		3,37	3,35	3,40	3,36
		3,31	3,35	3,36	3,33
		3,36	3,31	3,22	3,35
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (C.A_i)$		67,09			
$C.A_{promed} = \frac{\sum}{n}$		3,35			
$C.A_i - C.A_{promed}$		0,03	0,04	0,15	-0,04
		0,01	0,05	-0,05	0,03
		0,02	0,00	0,05	0,01
		-0,04	0,00	0,01	-0,02
		0,01	-0,04	-0,13	0,00
$(C.A_i - C.A_{promed})^2$		0,001	0,001	0,021	0,002
		0,000	0,002	0,003	0,001
		0,000	0,000	0,002	0,000
		0,002	0,000	0,000	0,001
		0,000	0,002	0,018	0,000
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (C.A_{promed})^2$		0,003			
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum(CA_{promed})^2}{n-1}}$		0,013			
$C.A_{CARACT} = C.A_{PROMED} - 1.34 * k * \delta$		3,34			
CAPACIDAD DE ABSORCION "AGREGADO CANTERA FLORES"				3,34 g/cm3	

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 33: Masa Unitaria Suelta del Agregado Fino.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO FINO		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO DE LA MINA DE FLORES				
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO				
MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
MUS_i	1,66	1,66	1,70	1,65
	1,67	1,66	1,68	1,66
	1,55	1,68	1,66	1,67
	1,66	1,69	1,62	1,63
	1,67	1,66	1,69	1,66
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (MUS_i)$	33,18			
$MU_{promed} = \frac{\sum}{n}$	1,66			
$(MUS_i - MUS_{promed})$	0,00	0,00	0,04	-0,01
	0,01	0,00	0,02	0,00
	-0,11	0,02	0,00	0,01
	0,00	0,03	-0,04	-0,03
	0,01	0,00	0,03	0,00
$(MUS_i - MUS_{promed})^2$	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (MUS_i - MUS_{promed})^2$	0,000			
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum (MUS_{promed})^2}{n-1}}$	0,001			
$MUS_{CARACT} = MUS_{PROMED} - 1.34 * k * \delta$	1,66			
MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO FINO			1,66 g/cm3	

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 34: Masa Unitaria Compactada del Agregado Fino.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN				
INFORME DE ENSAYOS:		MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO		
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO DE LA CANTERA DE FLORES				
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>				
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS			
ENSAYOS N°	1-5	6-10	11-15	16-20
MUC_i	1,71	1,73	1,76	1,75
	1,73	1,69	1,78	1,62
	1,69	1,75	1,72	1,70
	1,74	1,75	1,78	1,76
	1,70	1,75	1,79	1,69
$SUMATORIA \sum_{i=1}^n (MUC_i)$	34,59			
$M. U_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	1,73			
$(MUC_i - MUC_{PROMEDIO})$	1,71	1,73	1,76	1,75
	1,73	1,69	1,78	1,62
	1,69	1,75	1,72	1,70
	1,74	1,75	1,78	1,76
	1,70	1,75	1,79	1,69
$(MUC_i - MUC_{PROMEDIO})^2$	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	0,000	0,000	0,000
$SUMATORIA \sum_{i=1}^n (MUC_{PROMEDI})^2$	0,000			
$DESVIACION ESTANDAR \delta = \sqrt{\frac{\sum (MUC_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0,000			
$MUC_{CARAC} = MUC_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$	1,73			
MASA UNITARIA COMPACTADA AGREGADO FINO			1,73	g/cm3

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 35: Granulometría del Agregado Fino.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN						
INFORME DE ENSAYOS:		GRANULOMETRÍA"AGREGADO FINO-MINA FLORES-CHIMBORAZO"-CARACTERISTICAS				
MATERIAL ENSAYADO AGREGADO FINO DE LA MINA DE FLORES						
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO						
GRANULOMETRÍA"AGREGADO FINO-MINA FLORES-CHIMBORAZO"-CARACTERISTICAS						
Tamiz		Peso retenido parcial (g)	Retenido acum (%)	Pasante (%)	Especificaciones	
(Pulg.)	Masa retenida parcial(g)					
3/8	0	0	0	100	100	100
No, 4	154	5	5	95	95	100
No, 8	271	9	14	86	80	100
No, 16	434	14	29	71	50	85
No, 30	573	19	48	52	25	60
No, 50	575	19	67	33	10	30
No, 100	572	19	86	14	2	10
No, 200	156	5	91	9	0	0
BANDEJA	265	9	100	0	0	0
	3000	100				
material		AGREGADO FINO DE LA MINA FRORES DEL CANTON RIOBAMBA				

El gráfico muestra la distribución granulométrica del agregado fino. La curva superior (azul) representa el límite superior de retención, y la curva inferior (rojo) representa el límite inferior. Ambas curvas comienzan en 100% para el tamiz 3/8 y disminuyen a medida que se pasan los tamices más finos, alcanzando 0% en el tamiz N.-200 y permaneciendo en 0% para el tamiz BANDEJA.

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 36: Resultado de Ensayos Mezcla 1.

RESULTADOS DE LA MEZCLAS DEL C.A.R CON ADITAMENTOS									
 TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO				METODO DE DISEÑO PARA HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA DE 55 Mpa MEZCLA 1					
				DATOS DEL ESPECIMEN			RESULTADOS DEL ESPECIMEN		
Nº PROBETAS	DOCIFICACION	ASENTAMIENTO (cm)	SUPERPLASTIFICANTE (%)	FECHA ENSA	EDAD (días)	PESO (Kg)	CARGA MAXIMA (N)	TIPO DE FALLA	ESFUERZO (Mpa)
1	M 3%	12	1,3	02/08/2013	7	13,885	542518,1005	2	29,81
2	M 3%	12	1,3	02/08/2013	7	13,941	533782,4854	3	29,33
3	M 3%	12	1,3	02/08/2013	7	13,921	554165,5874	3	30,45
4	M 3%	12	1,3	23/08/2013	28	13,832	682833,9192	2	37,52
5	M 3%	12	1,3	23/08/2013	28	13,819	666818,6247	3	36,64
6	M 3%	12	1,3	23/08/2013	28	13,93	667364,6007	2	36,67
7	M 5%	11	1,5	02/08/2013	7	13,942	527958,7419	2	29,01
8	M 5%	11	1,5	02/08/2013	7	13,859	511397,4715	3	28,10
9	M 5%	11	1,5	02/08/2013	7	14,038	513945,3592	2	28,24
10	M 5%	11	1,5	23/08/2013	28	13,523	700851,1255	3	38,51
11	M 5%	11	1,5	23/08/2013	28	14,053	666636,6327	3	36,63
12	M 5%	11	1,5	23/08/2013	28	14,03	673552,3281	2	37,01
13	M 7%	12	1,2	02/08/2013	7	13,91	519405,1187	2	28,54
14	M 7%	12	1,2	02/08/2013	7	14,029	525956,8301	2	28,90
15	M 7%	12	1,2	02/08/2013	7	13,996	542154,1166	2	29,79
16	M 7%	12	1,2	23/08/2013	28	14,034	762910,3916	2	41,92
17	M 7%	12	1,2	23/08/2013	28	13,91	784931,4215	3	43,13
18	M 7%	12	1,2	23/08/2013	28	14,213	803130,6198	3	44,13
19	M 9%	10	1,3	02/08/2013	7	14,11	545065,9883	3	29,95
20	M 9%	10	1,3	02/08/2013	7	13,93	535238,4212	2	29,41
21	M 9%	10	1,3	02/08/2013	7	13,945	558715,387	2	30,7
22	M 9%	10	1,3	23/08/2013	28	13,915	828609,4974	2	45,53
23	M 9%	10	1,3	23/08/2013	28	13,982	811866,235	3	44,61
24	M 9%	10	1,3	23/08/2013	28	13,953	833341,2889	3	45,79
25	M 10%	9	2	02/08/2013	7	13,925	545975,9482	3	30
26	M 10%	9	2	02/08/2013	7	13,945	537968,301	2	29,56
27	M 10%	9	2	02/08/2013	7	14,031	530324,6377	3	29,14
28	M 10%	9	2	23/08/2013	28	13,883	760362,5039	3	41,78
29	M 10%	9	2	23/08/2013	28	14,063	727603,947	3	39,98
30	M 10%	9	2	23/08/2013	28	13,841	786023,3734	3	43,19

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.



Ilustración 5. 2 Tipos de fallas de los cilindros.

Nota: Los resultados y las fallas de los cilindros de pueden visualizar en el Anexo C.

Tabla 37: Resultado de Ensayo Mezcla 2.

RESULTADOS DE LA MEZCLAS DEL C.A.R CON ADITAMENTOS									
 TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO				METODO DE DISEÑO PARA HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA DE 55 Mpa MEZCLA 2					
				Nº PROBETAS	DOCIFICACION	ASENTAMIENTO (cm)	SUPERPLASTIFICANTE (%)	DATOS DEL ESPECIMEN	
FECHA ENSAYO	EDAD (días)	PESO (Kg)	CARGA MAXIMA (N)					TIPO DE FALLA	ESFUERZO (Mpa)
1	M 3%	12	1,3	26/08/2013	7	12,945	602939,4388	2	33,13
2	M 3%	12	1,3	26/08/2013	7	13,001	610219,1181	2	33,53
3	M 3%	12	1,3	26/08/2013	7	12,981	626598,3965	3	34,43
4	M 3%	12	1,3	16/09/2013	28	12,892	759816,5279	3	41,75
5	M 3%	12	1,3	16/09/2013	28	12,879	766004,2553	3	42,09
6	M 3%	12	1,3	16/09/2013	28	12,99	776559,7903	2	42,67
7	M 5%	13	1,3	26/08/2013	7	13,002	618408,7573	3	33,98
8	M 5%	13	1,3	26/08/2013	7	12,919	604759,3586	3	33,23
9	M 5%	13	1,3	26/08/2013	7	13,098	614222,9417	2	33,75
10	M 5%	13	1,3	16/09/2013	28	12,583	816416,0345	3	44,86
11	M 5%	13	1,3	16/09/2013	28	13,113	793303,0527	3	43,59
12	M 5%	13	1,3	16/09/2013	28	13,09	800946,716	2	44,01
13	M 7%	12	1,3	26/08/2013	7	12,97	609127,1662	2	33,47
14	M 7%	12	1,3	26/08/2013	7	13,089	618590,7493	2	33,99
15	M 7%	12	1,3	26/08/2013	7	13,056	645343,5708	2	35,46
16	M 7%	12	1,3	16/09/2013	28	13,094	906502,066	3	49,81
17	M 7%	12	1,3	16/09/2013	28	12,97	912325,8094	3	50,13
18	M 7%	12	1,3	16/09/2013	28	13,273	911961,8255	3	50,11
19	M 9%	10	1,3	26/08/2013	7	13,17	619500,7092	3	34,04
20	M 9%	10	1,3	26/08/2013	7	12,99	614040,9497	3	33,74
21	M 9%	10	1,3	26/08/2013	7	13,005	635334,0117	3	34,91
22	M 9%	10	1,3	16/09/2013	28	12,975	921243,4166	2	50,62
23	M 9%	10	1,3	16/09/2013	28	13,042	907230,0339	2	49,85
24	M 9%	10	1,3	16/09/2013	28	13,013	928523,0959	3	51,02
25	M 10%	11	1,3	26/08/2013	7	12,985	618408,7573	3	33,98
26	M 10%	11	1,3	26/08/2013	7	13,005	610765,094	2	33,56
27	M 10%	11	1,3	26/08/2013	7	13,091	606397,2865	2	33,32
28	M 10%	11	1,3	16/09/2013	28	12,943	905592,1061	3	49,76
29	M 10%	11	1,3	16/09/2013	28	13,123	836799,1366	2	45,98
30	M 10%	11	1,3	16/09/2013	28	12,901	920697,4406	3	50,59

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.



Ilustración 5. 3 Tipos de fallas de los cilindros.

Nota: Los resultados y las fallas de los cilindros de pueden visualizar en el Anexo C.

Tabla 38: Resultado de Ensayo Mezcla 3.

RESULTADOS DE LA MEZCLAS DEL C.A.R CON ADITAMENTOS										
Nº PROBETAS		DOCIFICACION	ASENTAMIENTO (cm)	SUPERPLASTIFICANTE (%)	DATOS DEL ESPECIMEN			RESULTADOS DEL ESPECIMEN		
					FECHA ENSAYO	EDAD (días)	PESO (kg)	CARGA MAXIMA (N)	TIPO DE FALLA	ESFUERZO (Mpa)
1	M 3%	8	1,6	27/08/2013	7	13,185	712134,6284	2	39,13	
2	M 3%	8	1,6	27/08/2013	7	13,288	719414,3077	3	39,53	
3	M 3%	8	1,6	27/08/2013	7	13,175	808590,3793	2	44,43	
4	M 3%	8	1,6	17/09/2013	28	13,075	916329,6331	3	50,35	
5	M 3%	8	1,6	17/09/2013	28	13,151	924337,2803	2	50,79	
6	M 3%	8	1,6	17/09/2013	28	13,185	916693,617	2	50,37	
7	M 5%	10	1,6	27/08/2013	7	13,295	745803,1452	2	40,98	
8	M 5%	10	1,6	27/08/2013	7	13,266	732153,7465	3	40,23	
9	M 5%	10	1,6	27/08/2013	7	13,273	741617,3296	2	40,75	
10	M 5%	10	1,6	17/09/2013	28	12,758	980208,819	3	53,86	
11	M 5%	10	1,6	17/09/2013	28	13,288	957095,8372	2	52,59	
12	M 5%	10	1,6	17/09/2013	28	13,265	964739,5005	2	53,01	
13	M 7%	9	1,6	27/08/2013	7	13,145	663724,761	2	36,47	
14	M 7%	9	1,6	27/08/2013	7	13,264	673188,3441	2	36,99	
15	M 7%	9	1,6	27/08/2013	7	13,231	699941,1656	2	38,46	
16	M 7%	9	1,6	17/09/2013	28	13,269	961099,6608	3	52,81	
17	M 7%	9	1,6	17/09/2013	28	13,145	966923,4043	3	53,13	
18	M 7%	9	1,6	17/09/2013	28	13,448	966559,4203	3	53,11	
19	M 9%	8	1,6	27/08/2013	7	13,345	674098,304	2	37,04	
20	M 9%	8	1,6	27/08/2013	7	13,165	668638,5446	2	36,74	
21	M 9%	8	1,6	27/08/2013	7	13,18	689931,6065	3	37,91	
22	M 9%	8	1,6	17/09/2013	28	13,15	975841,0114	2	53,62	
23	M 9%	8	1,6	17/09/2013	28	13,217	961827,6287	3	52,85	
24	M 9%	8	1,6	17/09/2013	28	13,188	983120,6907	3	54,02	
25	M 10%	7	1,6	27/08/2013	7	13,16	727603,947	3	39,98	
26	M 10%	7	1,6	27/08/2013	7	13,18	719960,2837	2	39,56	
27	M 10%	7	1,6	27/08/2013	7	13,266	715592,4761	3	39,32	
28	M 10%	7	1,6	17/09/2013	28	13,118	978388,8992	3	53,76	
29	M 10%	7	1,6	17/09/2013	28	13,298	945994,3262	2	51,98	
30	M 10%	7	1,6	17/09/2013	28	13,616	1011693,432	2	55,59	

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.



Ilustración 5. 4 Tipos de fallas de los cilindros.

Nota: Los resultados y las fallas de los cilindros de pueden visualizar en el Anexo C.

CAPITULO VI

6. DISCUSIÓN

La elaboración del concreto de alto rendimiento nos permitió establecer objetivos que permitieron dar solución a la hipótesis; entre los objetivos cumplidos en la etapa tenemos:

Agregado Grueso: El agregado grueso seleccionado es el ripio triturado de la Cantera Flores, la Cantera que se encuentra en la ciudad de Riobamba, las características de este material se expone en el capítulo IV, cuyo peso específico es de 2,61 g/cm³ es una de las propiedades más importantes ya que de esto depende la resistencia del concreto de alta resistencia y debido a sus características expuestas en el capítulo IV se ve claramente que es un agregado óptimo para la elaboración del concreto de alta resistencia.

Agregado Fino: Este material es seleccionado como polvo de piedra de la Cantera Flores que se encuentra en la ciudad de Riobamba este material fue seleccionado debido a sus propiedades y ya que en base a sus propiedades depende la elaboración del concreto de alta resistencia.

Cemento Chimborazo: El Cemento, es elaborado en la fábrica Cemento Chimborazo C. A. con su presentación de 50 kg, el cual satisface ampliamente las especificaciones de las Normas Técnicas” CEMENTO TIPO IP”.

Este cemento es recomendable para todo tipo de obras desde la autoconstrucción hasta aquellas donde se requiere de alta ingeniería y arquitectura, usándose también en construcciones u obras grandes, es decir es un cemento para uso general.

Sika Fume: Es una adición en polvo fino, color gris, con base en microsilice, que permite aumentar las resistencias mecánicas y químicas de concretos y morteros endurecidos. Su doble efecto puzolanico y granular, mejorado las características

del mortero, disminuyendo la porosidad y creando mediante su reacción con la cal libre, una estructura densa y resistente al ataque de agua y ambientes agresivos.

Diseñado para cumplir con los requerimientos de la NORMA ASTM C 1240.

La microsilice utilizada reacciona favorablemente con el cemento y superplastificante escogido, produciendo una mezcla homogénea y trabajable.

Sika ViscoCrete2100: Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante, fabricado con los polímeros. Diseñado para cumplir con los requerimientos de la NORMA ASTM C 494.

Sika ViscoCrete 2100 con pequeñas dosificaciones, se obtiene reducciones de agua entre un 10 y 15% y con altas dosificaciones se puede lograr reducciones de agua hasta un 45%. Sika ViscoCrete 2100 es aplicable para todos los niveles de reducción de agua. La acción superplastificante de Sika ViscoCrete 2100 permite obtener altos asentamientos, concreto fluidos con altos mantenimientos de la trabajabilidad que facilitan la colocación con el mínimo vibrado aun cuando las relaciones agua-cemento sean tan bajas como 0,25 SikaViscoCrete2100 plastifica el concreto dando alta fluidez, pero mantenimiento la cohesión, evitando de esta manera sangrado o segregación.

La cantidad de superplastificante utilizada en la mezcla es del 1,6% por cada gramo de cemento, la recomendación que da el fabricante es que se varíe del 1 al 2% del peso del cemento, luego de varias pruebas se llegó a valor especificado anteriormente.

Establecer un diseño patrón de concreto con la mejor proporción de agregados estableciendo una dosificación adecuada.

Luego de establecer un proporciónamiento adecuado de agregados, cemento y agua en el diseño patrón, se agregó al diseño microsilice y superplastificanteseb

diferentes porcentajes “de 3% al 10% de microsilice por cada kg de cemento”, para luego tomar muestras y ensayar en los tiempos indicados según normas establecida.

Se estableció un patrón de resistencia según el porcentaje de microsilice y superplastificante agregado para alcanzar un concreto con una resistencia a la compresión de 50 MPa.

Determinar de la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia a los 7 y 28 días.

Luego de evaluar los resultados de los ensayos a compresión de la mezcla se determinó que la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia nos da la resistencia de 50 MPa.

6.1. VALIDEZ EXTERNA.

Las teorías, criterios y resultados obtenidos en esta investigación pueden ser utilizados y reproducidos siempre y cuando se cumpla con las recomendaciones, metodologías y se verifique las propiedades físicas de los materiales usados para el diseño y elaboración de un concreto de alta resistencia.

La difusión de los conocimientos y experiencias de esta investigación se pueden poner en práctica ya que para las etapas de diseño y elaboración de concretos de alta resistencia se trabajaron con muestras representativas que pudieron satisfacer los requerimientos como se puede observar en los resultados.

Uno de los factores que influyen en la elaboración del concreto de alta resistencia es la correcta utilización de los materiales, y seguir correctamente las indicaciones respectivas de las normas para el diseño de concreto.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Se logró obtener resistencia estructural en el concreto de alta resistencia, a pesar de que los aditamentos afecta en su resistencia, cumpliendo así el objetivo de nuestra investigación.
- El desarrollo de esta tecnología en nuestro país es extremadamente importante, debido a que se crearán alternativas de solución a problemas relacionados a la construcción de nuevas estructuras, aplicando conceptos ampliamente conocidos por los Ingenieros, adaptándose a esta nueva tecnología permitirá que en el Ecuador se pueda desarrollar esta técnica al igual que en otros países.
- La cantidad de microsilice utilizada para el diseño final fue del 3% del peso del cemento, con esta cantidad de microsilice se alcanzó una resistencia de 51 MPa
- Al adicionar al diseño patrón, el microsilice y el superplastificante la resistencia del concreto aumento en un 30%.
- La compatibilidad del microsilice, superplastificante y el cemento es muy buena pues se logró una trabajabilidad aceptable con un asentamiento de 8cm y no se observó segregación del material cementante ni de los agregados.

7.2. RECOMENDACIONES

- Los agregados son posiblemente los componentes más importantes del concreto y es esencial que los técnicos y productores de concreto tengan un completo conocimiento de sus múltiples características si se quiere obtener un concreto de alta resistencia.
- Se debe tomar en consideración la humedad de los agregados, dependiendo de las condiciones climatológicas locales al momento de la elaboración del concreto, para manejar la cantidad de agua óptima a ser empleada en la dosificación y de esta manera no afectar la resistencia, como se ha demostrado en la investigación que un mínimo exceso de agua afecta los resultados finales.
- Para la elaboración de los cilindros se deben hacer basados en las normas ya que si no cumplen la norma estos no deben ser ensayados.
- Antes de obtener el concreto de alta resistencia verificar las propiedades de los agregados a utilizarse.
- En la elaboración se recomienda planificar detalladamente los procedimientos de dosificaciones, mezcla, vertido y si se da el caso tomar en cuenta el acabado de los elementos estructurales construidos con concretos de alta resistencia, debido a que pequeñas variaciones en estos procedimientos pueden mostrar grandes cambios en los resultados deseados.
- Se recomienda utilizar dosificaciones recomendadas por el fabricante tanto de microsilice como de superplastificante para que no exista segregación, ni exudación del concreto de alta resistencia.

CAPITULO VIII

8. PROPUESTA

8.1. Título de la propuesta.

Determinación y obtención de la Curva Esfuerzo vs Tiempo de un Concreto de Alta Resistencia mediante aditamento de Microsílice y Superplastificantes en la mezcla, utilizando agregados, de la Cantera Flores y Cemento Chimborazo.

8.2. Introducción.

El concreto de alta resistencia (CAR), aunque es un material no utilizado fuertemente en el país, y mucho menos en nuestra ciudad pero es de mucha aplicación en estos días.

El presente estudio pretende dar a conocer a la industria de la construcción todo lo relacionado a este tipo de concreto, es decir, sus características, ventajas, aplicaciones, materiales a utilizar, ensayos a practicarle (equipo, procedimiento y manejo de resultados), y las resistencias logradas con mezclas hechas con materiales de nuestro medio.

El cumplimiento de los procedimientos expuestos, garantizaran la calidad elaboración y puesta en obra del concreto de alta resistencia, ya que se propone una dosificación con agregados locales, al igual aditivos y adiciones factibles de cotizar.

8.3. Objetivos.

8.3.1. General.

- Realizar la obtención de la curva de esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia con agregados de la Cantera Flores y Cemento Chimborazo y adición de microsilice y superplastificantes para ser comparado con el concreto normal y de esta manera obtener resultados efectivos de este tipo de concreto para determinar sus beneficios y propiedades.

8.3.2. Específicos.

- Verificar valores obtenidos con las distintas dosificaciones del concreto.
- Estudio comparativo (costos), respecto al concreto normal y al modificado (material).
- Enumerar los distintos beneficios del concreto de alta resistencia.
- Enumerar las distintas desventajas del concreto de alta resistencia
- Realizar la curva esfuerzo vs tiempo con el concreto de alta resistencia.
- Realizar las tablas de los resultados precisos de las dosificaciones de este tipo del concreto tal que dichos resultados sean confiables y aplicables a nuestro medio.

8.4. Fundamentación científica – técnica.

El ACI define a un concreto de alta resistencia como aquel que alcanza una resistencia igual o superior a los 45MPa (450 kg/cm²) a los 28 días, usualmente estos concretos son considerados como de alto desempeño, sin embargo para cumplir esta condición deben poseer además otras características como son una adecuada trabajabilidad y durabilidad.

8.4.1. Selección de los materiales a utilizarse.

Cemento: La elección del Cemento Chimborazo para el concreto de alta resistencia es extremadamente importante, es por eso que se debe brindar la mayor atención antes y durante la elaboración del concreto de alta resistencia.

Agua: El agua requerida para un concreto de alta resistencia se especifica para ser de calidad potable.

Aditivos químicos: Son aditivos ampliamente usados en la producción de concretos de alta resistencia. La reducción de agua proporciona funciones de alta resistencia, particularmente al principio, también como los superplastificantes.

Propiedades del concreto de alta resistencia: Las propiedades del concreto de alta resistencia deben reflejar su alto desempeño en condiciones de uso. Entre las propiedades más importantes de este tipo de concreto se puede mencionar la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson, la resistencia a la tracción y el flujo plástico; característica de suma importancia en el momento del análisis y diseño de cualquier estructura. De igual manera, el concreto de alta resistencia debe demostrar altas características de desempeño en durabilidad durante su vida útil.

Resistencia a compresión del concreto de alta resistencia: Las características a compresión junto con la durabilidad son quizás las propiedades más importantes. Es necesario tener en cuenta que el menor desarrollo del estado de figuración interno del concreto de alta resistencia reduce la posibilidad de una redistribución de los esfuerzos en el material ante un aumento posterior de carga, lo que conduce finalmente a la ruptura frágil y explosiva del concreto.

Módulo de elasticidad del concreto de alta resistencia: El módulo de elasticidad sigue los principios de la ley de Hooke expuesta en 1676, la cual expresa que para ciertos materiales de ingeniería existe una proporcionalidad en la

parte elástica de la curva esfuerzo deformación entre los esfuerzos y las deformaciones unitarias. Lo anterior se puede plantear de la siguiente forma:

$$E_c = 2700 \sqrt{f'_c} + 5000; \text{ en MPa}$$
$$E_c = 8500 \sqrt{f'_c} + 5000; \text{ en } kg/cm^2$$

Es decir el módulo de es la constante de proporcionalidad y que representa la pendiente de la recta en la curva esfuerzo deformación, esto si hablamos de materiales que presenten propiedades elásticas en la curva.

8.5. Descripción de la propuesta.

INFORMACIÓN PRELIMINAR

El presente proyecto de investigación denomina: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO” se lo realizó con la finalidad de proveer un modelo de concreto de alta resistencia con agregados de la Cantera Flores y Cemento Chimborazo de interés social para los sectores de construcción de nuestra provincia.

Concreto de alta resistencia:

- Agregado Fino “Cantera Flores”.
- Agregado Grueso “Cantera Flores”.
- Cemento Chimborazo
- Microsílice “ Sikafume”
- Superplastificantes “SikaViscoCrete 2100”

Información General:

- Concreto elaborado con agregado de la Cantera Flores y Cemento Chimborazo ha utilizado aditamentos como Microsílice, Superplastificantes para lograr que el concreto cumpla con sus distintas características y tener un concreto de alta resistencia.

Procedimiento de diseño.

Resistencia promedio del concreto.

La resistencia promedio del concreto a los 28 días se calculó de la siguiente manera.

$$f'_{cr} = \frac{f'_c + 0,98}{0,9}$$
$$f'_{cr} = \frac{500 + 0,98}{0,9}$$
$$f'_{cr} = 664,4 \frac{k}{cm^2}$$

Peso del agregado grueso seco (W_{SEC}).

Para un tamaño nominal máximo de agregado grueso igual a 1", obtenemos el volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto= 0,75, así calculamos el peso del agregado grueso/m³ de concreto.

$$W_{SEC} = \%Vol * MUC$$
$$W_{SEC} = 0,75 * 1,56 * 1000$$
$$W_{SEC} = 1170Kg$$

Para un tamaño nominal máximo igual a 1" y con la utilización de superplastificantes, la estimación de agua de mezcla requerida es de $165 \frac{K}{m^3}$ y el contenido de aire es de 1%.

Relación agua cemento "a/mc".

La relación agua-cemento varía entre 0,25 y 0,35. Se considera, en teoría, que una relación agua-cemento de 0,28 es adecuada para la hidratación total del cemento, nosotros trabajamos con una de 0,32, con la cual obtuvimos la resistencia requerida.

$$Relac \frac{a}{mc} = 0,32$$

Materiales Cementicos "mc".

Conociendo que el contenido de agua es de 165kg

$$mc = \frac{165}{0,32}$$

$$mc = 515,626 \text{ kg}$$

Debe recordarse, al seleccionar las proporciones, que los consumos de cemento varían entre 400 y $500 \frac{k}{m^3}$, en nuestras dosificaciones propuestas el contenido de cementos de $515,63 \frac{k}{m^3}$

Proporción de materiales.

Tabla 39: Proporción de los materiales

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	0,169	m3
Agregado Grueso	0,465	m3
Agua	0,165	m3
Aire	0,012	m3
Agregado Fino	0,256	m3
Total-Agregado Fino	0,788	m3

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

La cantidad de agregado fino por m^3 es:

$$Ag. Fino = 0,222 * PE$$

$$Ag. Fino = 0,222 * 2,51 * 1000$$

$$Ag. Fino = 490,62$$

Tabla 40: Proporción de mezcla en peso.

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	543,50	kg/m3
Agregado Grueso	1170	kg/m3
Agua	165	kg/m3
Agregado Fino	490,62	kg/m3
Total	2430,50	kg/m3

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Forma de empleo del Microsílice.

En nuestro caso se utilizó como material de adición en un porcentaje de un 3%, pero tomando en consideración en no alterar la relación agua-material cementicio.

Tabla 41: Proporción de mezcla usando microsilice y cemento.

MICROSILÍCE (%)	3
CEMENTO (kg)	543,50
MICROSILICE (kg)	15,47

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Las proporciones de todos los materiales por m^3 excepto la arena es la siguiente:

Tabla 42: Proporción de los materiales.

CEMENTO (m3)	0,170
MICROSILÍCE (m3)	0,022
AGREGADO GRUESO (m3)	0,451
AGUA (m3)	0,17
AIRE (m3)	0,01
TOTAL	0,814

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

El volumen de agregado fino es:

Tabla 43: Volumen del agregado fino.

TOTAL (m3)	AGREGADO FINO (m3)
0,814	0,187

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 44: Proporción de la mezcla.

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	543,50	kg/m3
Microsilice	15,47	kg/m3
Agregado Grueso	1170	kg/m3
Agua	169,95	kg/m3
Agregado Fino	490,62	kg/m3

Total	2324,17	kg/m3
-------	---------	-------

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.
Ajuste del contenido de humedad en agregados.

$$\text{Con. Hum. Ag. Grueso} = 1,08\%$$

$$\text{Con. Hum. Ag. Fino} = 4,61\%$$

Corregimos el contenido de agregado considerando su contenido de humedad, para la mezcla con solo cemento tendremos:

$$\text{Ag. Grueso Corr} = 1182,63\text{kg}$$

$$\text{AgFino Corr} = 513,23\text{kg}$$

Corregimos el agua de mezclado tomando en cuenta la absorción de los agregados:

$$\text{Agua Corr} = \text{Agua Mez} - (W_{\text{Ag. Fino}} * \% \text{Hum} - \% \text{Ab}) - W_{\text{Ag. Grueso}} * (\% \text{Hum} - \% \text{Ab})$$

Agua Corregida

$$= 165 - 490,6 * (0,0461 - 0,0214) - 1170 * (0,0108 - 0,0214)$$

$$\text{Agua Corregida} = 165,28\text{kg}$$

Tabla 45: Peso corregidos de los materiales.

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	543,50	kg/m3
Microsilice	15,47	kg/m3
Agregado Grueso	1182,63	kg/m3
Agua	165,28	kg/m3
Agregado Fino	513,23	kg/m3

Total	2356,84	kg/m3
-------	---------	-------

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 46: Moldes Cilindros.

VOL. DEL CILINDRO (m3)	0,0053
Nº DE CILINDROS	22
CONCRETO (m3)	0,1166
m3 PREPARAR	0,14

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Porcentaje de superplastificante.

El porcentaje a utilizarse es de 1,6 en peso del cemento, con el cual obtuvimos buena trabajabilidad.

Tabla 47: Pesos de los Materiales.

CEMENTO	76,09
MICROSÍLICE	2,166
AGREGADO GRUESO	165,56
AGREGADO FINO	66,89
AGUA	24,53
TOTAL	331,33
ADITIVO %	1,6
ADITIVO(m3)	1089,62
MICROSILICE %	3

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 48: Resistencia a los 7 días.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN	
INFORME DE ENSAYOS:	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
EDAD 7 DIAS	
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>	
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS
ENSAYOS N°	1-4
$f_{c-i}(resist.)$	45,09
	44,35
	48,93
	45,53
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_i)$	183,9
$R_{promed} = \frac{\sum}{n}$	45,98
$R_i - R_{promed}$	-0,88
	-1,63
	2,96
	-0,45
$(R_i - R_{promed})^2$	0,783
	2,641
	8,732
	0,198
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_{promed})^2$	152,619
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum (R_{promed})^2}{n-1}}$	7,133
$R_{CARACT} = R_{PROMED} - 1.34 * k * \delta$	35,65
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	35,65 Mpa

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 49: Resistencia a los 14 días.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN	
INFORME DE ENSAYOS:	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
EDAD 14 DIAS	
<p>TESIS: DETERMINACION Y OBTENCION DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>	
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS
ENSAYOS N°	1-4
$f_{c-i}(resist.)$	49,00
	47,65
	49,90
	48,90
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_i)$	195,45
$R_{promed} = \frac{\sum}{n}$	48,86
$R_i - R_{promed}$	0,14
	-1,21
	1,04
	0,04
$(R_i - R_{promed})^2$	0,019
	1,470
	1,076
	0,001
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_{promed})^2$	6,589
DESVIACION ESTANDAR $\delta = \sqrt{\frac{\sum (R_{promed})^2}{n-1}}$	1,482
$R_{CARACT} = R_{PROMED} - 1.34 * k * \delta$	46,72
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	46,72
	Mpa

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 50: Resistencia a los 21 días.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN	
INFORME DE ENSAYOS:	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
EDAD 21 DIAS	
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>	
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS
ENSAYOS N°	1-4
$f_{c-i}(resist.)$	49,80
	50,50
	49,90
	49,00
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_i)$	199,2
$R_{promed} = \frac{\sum}{n}$	49,80
$R_i - R_{promed}$	0,00
	0,70
	0,10
	-0,80
$(R_i - R_{promed})^2$	0,000
	0,490
	0,010
	0,640
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_{promed})^2$	1,300
DESVIACION ESTANDAR= $\delta = \sqrt{\frac{\sum (R_{promed})^2}{n-1}}$	0,658
$R_{CARACT} = R_{PROMED} - 1.34 * k * \delta$	48,85
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	48,85
	Mpa

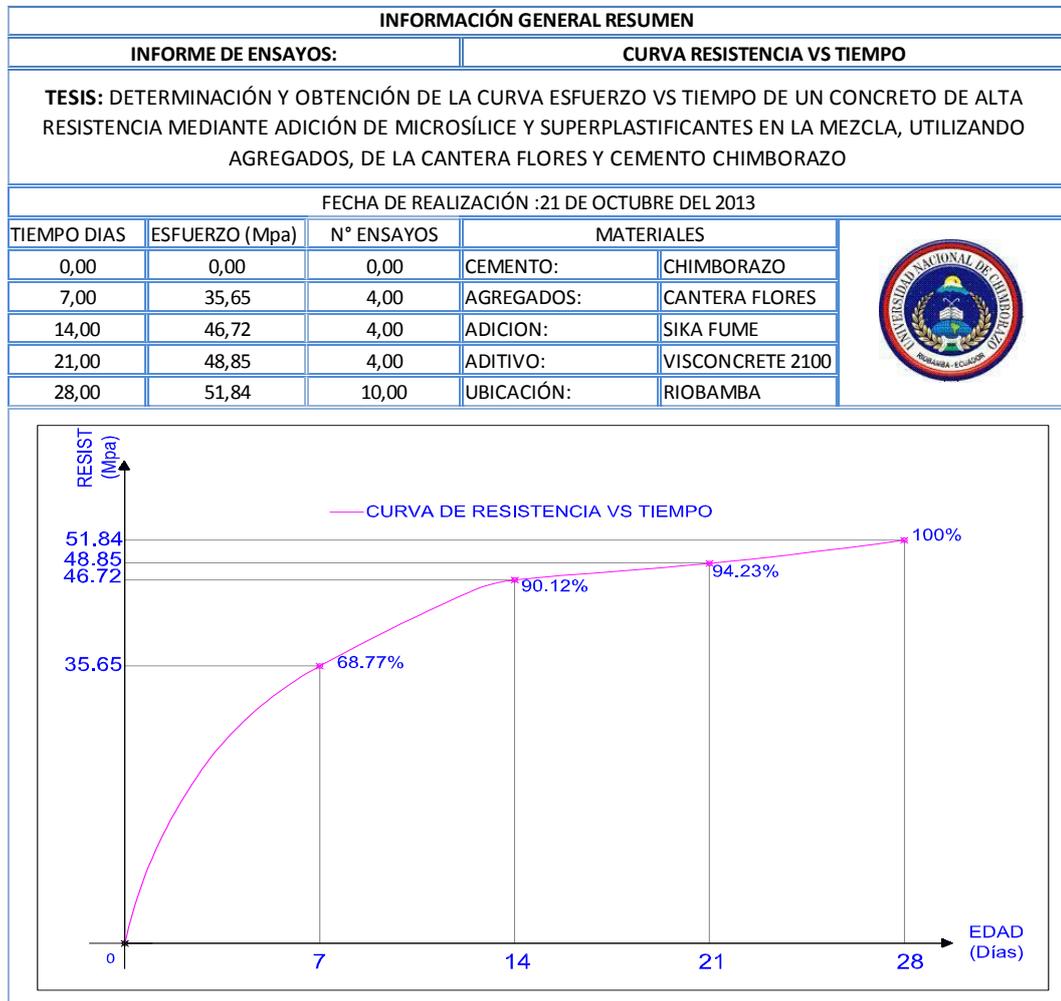
Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 51: Resistencia a los 28 días.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN		
INFORME DE ENSAYOS:	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	
EDAD 28 DIAS		
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO</p>		
DESCRIPCIÓN	VALORES DE LOS ENSAYOS	
ENSAYOS N°	1-5	6-10
$f_{c_i}(\text{resist.})$	56,06	57,34
	55,70	58,08
	56,04	59,06
	55,73	57,21
	56,93	58,71
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_i)$	570,86	
$R_{\text{promed}} = \frac{\sum}{n}$	57,09	
$R_i - R_{\text{promed}}$	-1,03	0,25
	-1,39	0,99
	-1,05	1,97
	-1,36	0,12
	-0,16	1,62
$(R_i - R_{\text{promed}})^2$	1,053	0,065
	1,921	0,988
	1,094	3,897
	1,839	0,015
	0,024	2,637
SUMATORIA $\sum_{i=1}^n (R_{\text{promed}})^2$	118,181	
DESVIACION ESTANDAR= $\delta = \sqrt{\frac{\sum (R_{\text{promed}})^2}{n-1}}$	3,624	
$R_{\text{CARACT}} = R_{\text{PROMED}} - 1.34 * k * \delta$	51,84	
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	51,84	Mpa

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

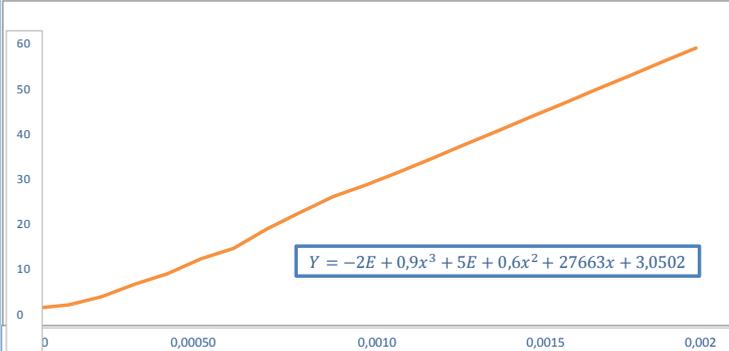
Tabla 52: Curva Resistencia vs Tiempo.



Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 53: Curva Característica del concreto.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN							
INFORME DE ENSAYOS:			MODULO DE ELASTICIDAD				
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSIÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO							
CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES					
RESISTENCIA PROMEDIO:	51,84MPa	CEMENTO:	CHIMBORAZO				
ARAE PROMEDIO ESPEC:	182 cm ²	AGREGADOS:	CANTERA FLORES				
FACTOR DE DEFORMACION:	0,0001 plg	ADICION:	SIKA FUME				
ALTURA PROMEDIO DEL ESPECIMEN L	306,00	ADITIVO:	VISCONCRETE 2100				
		UBICACIÓN:	RIOBAMBA				
CARGA (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)	LECTURA	(plg)	δ (mm)	ϵ (°/L)		
40000	2,20	0,00	0,00000	0,00	0,00		
50000	2,75	2,80	0,00028	0,0071	0,00002		
100000	5,50	9,60	0,00096	0,0244	0,00008		
150000	8,25	19,40	0,00194	0,0493	0,00016		
200000	11,00	28,60	0,00286	0,0726	0,00024		
250000	13,74	41,00	0,00410	0,1041	0,00034		
300000	16,49	49,90	0,00499	0,1265	0,00041		
350000	19,24	65,20	0,00652	0,1656	0,00054		
400000	21,99	79,40	0,00794	0,2017	0,00066		
450000	24,74	92,60	0,00926	0,2352	0,00077		
500000	27,49	102,20	0,01022	0,2596	0,00085		
550000	29,84	112,21	0,01122	0,2850	0,00093		
600000	32,49	123,69	0,01237	0,3141	0,00103		
650000	35,13	135,17	0,01352	0,3433	0,00112		
700000	37,78	146,66	0,01467	0,3725	0,00122		
750000	40,43	158,14	0,01581	0,4016	0,00131		
800000	43,08	169,62	0,01696	0,4308	0,00141		
850000	45,73	181,10	0,01811	0,4599	0,00150		
900000	48,38	192,58	0,01926	0,4891	0,00160		
950000	51,03	204,06	0,02041	0,5183	0,00169		
1000000	53,67	215,54	0,02155	0,5474	0,00179		

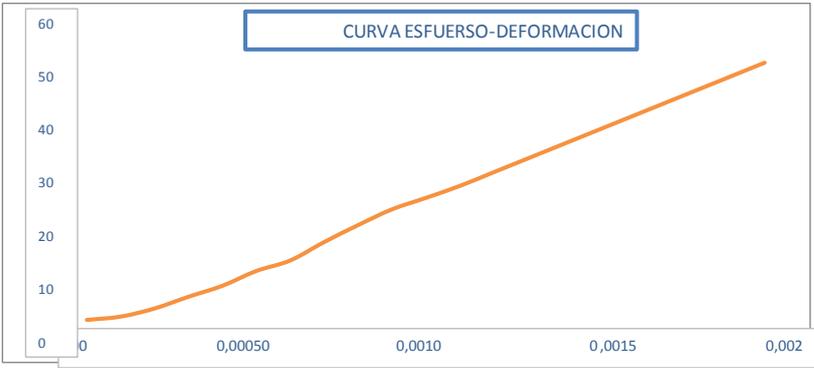


DETERMINACION DE ESFUERZO A COMPRESION 1
$\epsilon_1 = 0,00005$ $S_1 = 4,446MPa$
DETERMINACION DE LA DEFORMACION UNITARIA ϵ
$40\% S_1 = 22MPa$ $\epsilon_1 = 0,000631$
CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD
$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}$ $E = 30214,11MPa$

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 54: Esfuerzo - Deformación

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN							
INFORME DE ENSAYOS:			MODULO DE DUCTILIDAD				
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO							
CONDICIONES DE DISEÑO			MATERIALES				
RESISTENCIA PROMEDIO:	51,84MPa	CEMENTO:	CHIMBORAZO				
ARAE PROMEDIO ESPEC:	182 cm ²	AGREGADOS:	CANTERA FLORES				
FACTOR DE DEFORMACION	0,0001 plg	ADICION:	SIKA FUME				
ALTURA PROMEDIO DEL ESPECIMEN L	306,00	ADITIVO:	VISCONCRETE 2100				
		UBICACIÓN:	RIOBAMBA				
CARGA (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)	LECTURA	(plg)	δ (mm)	ε(δ/L)		
40000	2,20	0,00	0,00000	0,00	0,00		
50000	2,75	2,80	0,00028	0,0071	0,00002		
100000	5,50	9,60	0,00096	0,0244	0,00008		
150000	8,25	19,40	0,00194	0,0493	0,00016		
200000	11,00	28,60	0,00286	0,0726	0,00024		
250000	13,74	41,00	0,00410	0,1041	0,00034		
300000	16,49	49,90	0,00499	0,1265	0,00041		
350000	19,24	65,20	0,00652	0,1656	0,00054		
400000	21,99	79,40	0,00794	0,2017	0,00066		
450000	24,74	92,60	0,00926	0,2352	0,00077		
500000	27,49	102,20	0,01022	0,2596	0,00085		
550000	29,84	112,21	0,01122	0,2850	0,00093		
600000	32,49	123,69	0,01237	0,3141	0,00103		
650000	35,13	135,17	0,01352	0,3433	0,00112		
700000	37,78	146,66	0,01467	0,3725	0,00122		
750000	40,43	158,14	0,01581	0,4016	0,00131		
800000	43,08	169,62	0,01696	0,4308	0,00141		
850000	45,73	181,10	0,01811	0,4599	0,00150		
900000	48,38	192,58	0,01926	0,4891	0,00160		
950000	51,03	204,06	0,02041	0,5183	0,00169		
1000000	53,67	215,54	0,02155	0,5474	0,00179		



CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

CALCULO DEL INDECE DE DUCTILIDAD
$\epsilon_u = 0,00178$ $\epsilon_e = 0,00066$
$D_d = \frac{(\epsilon_u)}{(\epsilon_e)}$ $D_d = 2,697$

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 55: Resistencia Ideal.

RESULTADOS DE LA MEZCLAS DEL C.A.R CON ADITAMENTOS										
Nº PROBETAS		DOCIFICACION	ASENTAMIENTO (cm)	SUPERPLASTIFICANTE (%)	DATOS DEL ESPECIMEN			RESULTADOS DEL ESPECIMEN		
					FECHA ENSAYO	EDAD (días)	PESO (kg)	CARGA MAXIMA (N)	TIPO DE FALLA	ESFUERZO (Mpa)
1	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	12,65	822308,8	2	45,09	
2	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	12,98	808813,4	2	44,35	
3	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	12,88	892339,1	3	48,93	
4	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	13,09	830333,1	3	45,53	
5	M 3%	8	1,6	30/09/2013	14	13,05	893615,7	3	49,00	
6	M 3%	8	1,6	30/09/2013	14	12,98	868995,7	2	47,65	
7	M 3%	8	1,6	30/09/2013	14	13,11	910029	3	49,90	
8	M 3%	8	1,6	30/09/2013	14	13,08	891791,9	3	48,90	
9	M 3%	8	1,6	07/10/2013	21	13,098	908205,3	2	49,80	
10	M 3%	8	1,6	07/10/2013	21	12,88	920971,3	3	50,50	
11	M 3%	8	1,6	07/10/2013	21	13,113	910029,1	3	49,90	
12	M 3%	8	1,6	07/10/2013	21	13,09	893615,7	2	49,00	
13	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	12,97	1022369,29	2	56,06	
14	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	13,08	1015803,9	2	55,70	
15	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	13,056	1022004,54	2	56,04	
16	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	13,094	1016351,06	3	55,73	
17	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	12,97	1038235,52	3	56,93	
18	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	13,13	1045712,7	3	57,34	
19	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	13,21	1059208,1	3	58,08	
20	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	12,99	1077080,4	3	59,06	
21	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	13,013	1043341,9	3	57,21	
22	M 3%	8	1,6	14/10/2013	28	13,17	1070697,4	3	58,71	



Ilustración 8. 1 Tipos de fallas de los cilindros.

Nota: Los resultados y las fallas de los cilindros de pueden visualizar en el Anexo C.

8.6. Consideraciones Económicas.

Se realizó los presupuestos del concreto de alta resistencia con materiales de la Cantera Flores y Cemento Chimborazo, teniendo encuenta que el concreto de alta resistencia está en su pleno desarrollo, si bien este hormigón es más costoso que mezclas de resistencia normal, este incremento de costo se ve revertido por la importante reducción en las dimensiones de elementos. Por lo que los diseños y características de las construcciones cambiarían.

Tabla 56: Análisis de Precios Unitarios 50 MPa.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO					
RUBRO:	0.01				
DETALLE:	Hormigon simple fc= 50MPa	UNIDAD :	m3		
ESTRUCTURA					
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	REND. H/U	COSTO
Herramienta menor	0,05000	\$ 14,25816	\$ 0,71291	0,72000	\$ 0,51329
CONCRETERA 1 SACO	1,00000	\$ 4,25000	\$ 4,25000	0,72000	\$ 3,06000
SUBTOTAL A:					\$ 3,57329
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	REND. H/U	COSTO
Inspector de obra	0,10000	\$ 3,03000	\$ 0,30300	0,72000	\$ 0,21816
Albañil	1,00000	\$ 2,82000	\$ 2,82000	0,72000	\$ 2,03040
Peon	6,00000	\$ 2,78000	\$ 16,68000	0,72000	\$ 12,00960
SUBTOTAL B:					\$ 14,25816
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION		CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Cemento Chimborazo	saco	10,8700	\$ 7,50000	\$ 81,52500	
Agregado Fino	m3	0,1900	\$ 15,00000	\$ 2,85000	
Agregado Grueso	m3	0,4500	\$ 10,00000	\$ 4,50000	
Agua(100 m3)	m3	0,1600	\$ 1,00000	\$ 0,16000	
Sika-Fume (Microsilice)	Kg	15,4700	\$ 2,40000	\$ 37,12800	
Viscocrete2100 (Superplas)	kg	8,2500	\$ 6,76000	\$ 55,77000	
SUBTOTAL C:					\$ 181,93300
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	TARIFA	COSTO
Cemento Chimborazo	saco	10,3100	\$ 0,01150	\$ 0,06900	\$ 0,00079
Arena Cantera Flores	m3	0,1900	\$ 0,23000	\$ 1,38000	\$ 0,31740
Ripio Triturado Cantera Flores	m3	0,4500	\$ 0,23000	\$ 1,38000	\$ 0,31740
Agua(100 m3)	m3	0,1800	\$ 0,23000	\$ 1,38000	\$ 0,31740
Sika-Fume (Microsilice)	Kg	15,4700	\$ 0,00023	\$ 0,00100	\$ 0,00000
Viscocrete2100 (Superplas)	kg	8,2500	\$ 0,00023	\$ 0,00100	\$ 0,00000
SUBTOTAL D:					\$ 0,95299
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 200,71745
C. INDIRECTO Y UTILIDADES					\$ -
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 200,71745
VALOR PROPUESTO					\$ 201,00000

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

Tabla 57: Análisis de Precios Unitarios 21 MPa.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO					
RUBRO:	0.01				
DETALLE:	Hormigon simple fc= 21MPa	UNIDAD :	m3		
ESTRUCTURA					
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	REND. H/U	COSTO
Herramienta menor	0,05000	\$ 25,74390	\$ 1,28720	1,30000	\$ 1,67335
CONCRETERA 1 SACO	1,00000	\$ 4,25000	\$ 4,25000	1,30000	\$ 5,52500
SUBTOTAL A:					\$ 7,19835
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	REND. H/U	COSTO
Inspector de obra	0,10000	\$ 3,03000	\$ 0,30300	1,30000	\$ 0,39390
Albañil	1,00000	\$ 2,82000	\$ 2,82000	1,30000	\$ 3,66600
Peon	6,00000	\$ 2,78000	\$ 16,68000	1,30000	\$ 21,68400
SUBTOTAL B:					\$ 25,74390
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION		CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Cemento Chimborazo	saco	7,5000	\$ 7,50000	\$ 56,25000	
Agregado Fino	m3	0,4500	\$ 15,00000	\$ 6,75000	
Agregado Grueso	m3	0,7100	\$ 10,00000	\$ 7,10000	
Agua(100 m3)	m3	0,2200	\$ 1,00000	\$ 0,22000	
SUBTOTAL C:					\$ 70,32000
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	TARIFA	COSTO
Cemento Chimborazo	saco	10,3100	\$ 0,01150	\$ 0,06900	\$ 0,00079
Arena Cantera Flores	m3	0,1900	\$ 0,23000	\$ 1,38000	\$ 0,31740
Ripio Triturado Cantera Flores	m3	0,4500	\$ 0,23000	\$ 1,38000	\$ 0,31740
Agua(100 m3)	m3	0,1800	\$ 0,23000	\$ 1,38000	\$ 0,31740
SUBTOTAL D:					\$ 0,95299
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 104,21525
C. INDIRECTO Y UTILIDADES					\$ -
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 104,21525
VALOR PROPUESTO					\$ 105,00000

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

8.7. Diseño organizacional.

Para la propuesta y/o elaboración de un concreto de alto rendimiento con microsílíce y superplastificantes con agregados de la Cantera Flores y Cemento Chimborazo, cualquier instituto o persona natural interesada lo puede realizar, pero siempre y cuando se base en el siguiente 4 pasos propuestos.

Tabla 58: Diseño de Propuesta.

Primer Paso	Segundo Paso	Tercer Paso	Cuarto Paso
“DETERCANTERACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO”.	Materiales seleccionados que cumplan las misas características que las expuestas en esta propuesta.	Diseño del concreto de alta resistencia (CAR), siguiendo los distintos parámetros descritos en la propuesta.	Realizar los ensayos del concreto de alta resistencia (CAR) y analizar los distintos resultados.

Elaborado por: Mario Córdova y José Portugal.

ORGANIGRAMA GENERAL DEL DISEÑO DE CONCRETO MODIFICADO

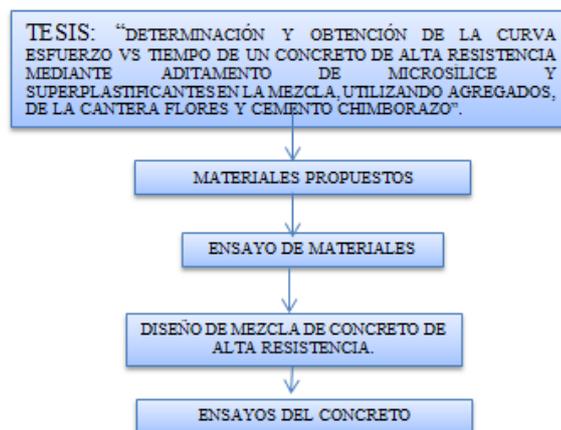


Ilustración 8. 2 Organigrama del concreto.

8.8. Monitoreo y evaluación del proyecto.

Se procesó los datos y se analizó los resultados obtenidos, se procedió a la ejecución de la propuesta. Con el cumplimiento de los objetivos permitió implementar un proceso lógico que mediante la práctica de ensayos estandarizados nos permitió determinar las características físicas y mecánicas de los agregados óptimos de la Cantera Flores para la elaboración de un concreto de alta resistencia, adicional a esto se pudo determinar el porcentaje de superplastificantes y microsílíce para alcanzar una resistencia de 50 MPa.

Uno de los principales problemas para la elaboración de un concreto de alta resistencia es que los materiales a utilizarse deben ser seleccionados de acuerdo a sus características y propiedades mecánicas ya que son la base primordial para este diseño.

Asimismo el logro que se tiene al a ver realizado esta investigación es que los profesionales de la construcción tendrán datos reales de cómo realizar un concreto de alta resistencia la cual nos va a ayudar para la elaboración de nuevos concreto que servirá para que los costos de la construcción sea mucho menores y cada vez se vaya mejorando los conocimientos en nuestra ciudad.

8.7.1. Propuestas futuras y beneficios de la investigación.

En cuanto a los beneficios que existen de la presente investigación en el sector de la construcción se puede mencionar el alto grado de importancia que brinda el bajo costo de producción de un concreto de alta resistencia, entre estos se discute los siguientes:

- Selección de los materiales.
- Diseño de la mezcla para una resistencia de 50 MPa
- Adición de microsílíce y superplastificantes.
- Elaboración de la mezcla, preparación de cilindros.

CAPÍTULO IX

9.1. BIBLIOGRAFÍA

- ASTM 143, asentamiento en el concreto Fresco.
- ASTM 138 Densidad (Masa Especifica) y Volumen en Especímenes cilindros de concreto.
- Fiorato, Anthony E. "PCA research on high-strength concrete", Concrete international: Design & Construction, vol. II, núm. 4, abril de 1989, pp. 44-50.
- NTEINEN 152 Cemento portland. Requisitos.
- NTEINEN 156 Cementos Determinación de la Densidad.
- NTEINEN 696 Áridos. Análisis Granulométrico en los áridos, finos y gruesos
- Goldman, A. y A Bentur, "Bond effects in highstrengthsilica fume concretes", presentado para su publicación, RAF.
- González-isabel, Germán, Hormigón de alta resistencia, INTEMAC, España 1993.
- Mendoza, C.J., C. Aire y A. Fuentes, "Concretos de alta resistencia, fabricados con materiales comunes en el Distrito Federal", informe preliminar para la Dirección General de Obras, Departamento del Distrito federal, junio de 1991.
- Perenchio, W.F. y P. Klieger, "Some physical properties of high strength concrete", Research and Development Bulletin, núm. RD 056.01t, Portland CementAssociation, 1978,7.

CAPITULO X

10.1. APÉNDICES Y ANEXOS

**ANEXO A:
HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE
VISCONCRETE 2100**

Sika®ViscoCrete 2100

Aditivo reductor de agua de alto rango

Descripción	Sika ViscoCrete 2100 es un aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante, fabricado con los polímeros policarboxilatos de nuestra Tecnología Sika ViscoCrete. Diseñado para cumplir con todos los requerimientos de la Norma ASTM C-494. Tipos A y F.
Usos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sika ViscoCrete 2100 puede ser usado, tanto en hormigón premezclado, así como en prefabricados, adicionado en la planta como un reductor de agua de alto rango, proporciona excelente plasticidad mientras mantiene la trabajabilidad por más de una hora. Los tiempos de fraguado controlados del Sika ViscoCrete 2100 lo hacen ideal para aplicaciones tanto horizontales como verticales. ■ Sika ViscoCrete 2100 es ideal para producción de hormigones autocompactados (SCC).
Ventajas	<p>Reductor de agua: Sika ViscoCrete 2100 con pequeñas dosificaciones, se obtienen reducciones de agua entre 10-15% y con altas dosificaciones se pueden lograr reducciones de agua de hasta un 45%. Sika ViscoCrete 2100 es aplicable para todos los niveles de reducción de agua.</p> <p>Alta plasticidad: la acción superplastificante del Sika ViscoCrete 2100 permite obtener altos asentamientos, hormigones fluidos con alto mantenimiento de la trabajabilidad que facilitan la colocación con el mínimo vibrado aún cuando las relaciones agua-cemento sean tan bajas como 0,25. Sika ViscoCrete 2100 plastifica el hormigón dando alta fluidez, pero manteniendo la cohesión, evitando de esta manera sangrado o segregación.</p> <p>Larga trabajabilidad y control del fraguado: Sika ViscoCrete 2100 está formulado para mantener la trabajabilidad por más de una hora, manteniendo los tiempos de fraguado normales.</p> <p>La acción combinada de reductor de agua de alto rango y superplastificante del Sika ViscoCrete 2100, proporciona al hormigón endurecido los siguientes beneficios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Las altas resistencias finales permiten flexibilidad en los diseños de Ingeniería y economía en las estructuras. ■ Bajas relaciones agua cemento producen hormigones más durables, más densos y menos permeables. ■ La alta plasticidad permite reducir los defectos de la superficie del hormigón y mejora la apariencia estética.
Datos Técnicos	
Aspecto	Traslúcido
Densidad	1.1 g/cc aprox.



Modo de empleo	<p>Dosis: Las dosis varían de acuerdo al tipo de material usado, condiciones ambientales y a los requerimientos de un proyecto específico. Sika Ecuatoriana recomienda usar dosis entre 0,19% a 0,9% del peso del cemento. Dosis mayores a las recomendadas pueden usarse cuando están especificados materiales, tales como microsilica, condiciones ambientales extremas. Para mayor información comuníquese con el Departamento Técnico de Sika.</p> <p>Mezclado: Para mejores resultados de superplastificación, adicionar el Sika ViscoCrete 2100 directamente a la mezcla fresca de hormigón en el mixer y dejar mezclándose por lo menos 60 segundos.</p> <p>El Sika ViscoCrete 2100 también puede adicionarse a la mezcla fresca directamente en la planta al final del ciclo de mezclado.</p> <p>Combinación con otros aditivos: Sika ViscoCrete 2100 es muy efectivo sólo o combinado con otros aditivos de Sika. Si se usa con ciertos aditivos Sika puede afectar la plasticidad del hormigón fresco.</p> <p>Combinación con microsilica: Sika ViscoCrete 2100 es particularmente recomendable para el uso con microsilica por su capacidad de reducción de agua y mayor control de la plasticidad.</p>
Presentación	Tambores de 230 kg y al granel.
Almacenamiento	12 meses en su envase original, bien sellado y bajo techo.
Seguridad	<p>Medidas generales de protección e higiene. Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo. Evitar el contacto con los ojos y la piel. Protección preventiva de la piel con pomada protectora. Quitarse inmediatamente la ropa manchada. No fumar, no comer o beber durante el trabajo. Lavarse las manos antes de los descansos. Protección de las manos con guantes de goma de butilo/nitrilo. Protección de los ojos con gafas herméticamente cerradas. Protección corporal.</p> <p>Ecología No verter directamente sobre vertientes de agua o el suelo, actuar de acuerdo a las regulaciones locales.</p> <p>Toxicidad No peligroso.</p> <p>Transporte Mercancía no peligrosa.</p>

La información y, en particular, las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika, respecto a sus productos, siempre y cuando estos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son las particularidades que da esta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir garantía alguna respecto a la comercialización o estabilidad del producto a una finalidad en particular, así como responsabilidad alguna que surta de cualquier relación legal. El usuario del producto debe probar la conveniencia del mismo para un determinado propósito. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica (HT), cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.



Sika Ecuatoriana S.A.
www.sika.com.ec
Guayaquil - Av. 3 1/2 vía Durán - Tamboré PBX 3813700 Fax 3811329
Quito - Panamericana Norte km. 710 Teléfono 3800419 - 3800420
Cuenca - Av. de las Américas y 1ª de Mayo Teléfono 3800754



ANEXO B:
HOJA TÉCNICA DEL ADICIONANTE EN POLVO
SIKAFUME

SikaFume®

Aditivo en polvo con base a silica-fume

Descripción	SikaFume, es una adición en polvo fino, color gris, con base en microsilica, que permite aumentar las resistencias mecánicas y químicas de hormigones y morteros endurecidos. Su doble efecto puzolánico y granular, mejora las características de la matriz del hormigón o mortero, disminuyendo la porosidad y creando mediante su reacción con la cal libre, una estructura densa y resistente al ataque de aguas y ambientes agresivos. No contiene cloruros. Diseñado para cumplir con los requerimientos de la Norma ASTM C-1240
Usos	SikaFume es de gran utilidad cuando se requiere: <ul style="list-style-type: none"> ■ Colocar hormigón bajo agua. ■ Reducir la exudación y la segregación del hormigón. ■ Mejorar la aptitud para el bombeo de hormigones y morteros. ■ Elaborar hormigones resistentes al ataque de sulfatos. ■ Dotar al hormigón de resistencia al ataque químico de aguas y suelos agresivos. ■ Reducir la permeabilidad del hormigón. ■ Mejorar la cohesión y la adherencia al soporte de hormigones y morteros proyectados
Ventajas	SikaFume imparte a la mezcla las siguientes propiedades: <ul style="list-style-type: none"> ■ En el hormigón fresco <ul style="list-style-type: none"> - Evita la segregación, mejora la cohesión y la bombeabilidad de hormigones y morteros, en especial cuando se trabaja con diseños de mezcla carentes de finos. - Reduce el rebote, permite disminuir la cantidad de acelerante y se logran capas de mayor espesor cuando se adiciona a hormigones y morteros proyectados. - Reduce la energía necesaria para bombear hormigones y morteros. - Aumenta la adherencia del hormigón con el acero de refuerzo. ■ En el hormigón endurecido <ul style="list-style-type: none"> - Disminuye los picos de temperatura de las mezclas cuando se usa como reemplazo parcial de cemento. - Disminuye la permeabilidad, densifica la matriz de hormigones y morteros y aumenta la compactación. - Reduce la permeabilidad a gases como el CO₂ y el SO₂ que carbonatan y disgregan el hormigón. - Disminuye apreciablemente la penetración de aguas con cloruros y otras sales. - Reduce notablemente la expansión de hormigón y morteros sometidos a fuerte ataque de sulfatos.





Construcción

Datos Técnicos	
Contenido de SiO ₂	mayor al 95%
Superficie especificada	mayor a 30 m ² /g
Humedad	3 - 5 % aprox. La humedad del producto, debido a su altísima superficie especificada, puede aumentar, en caso de un inadecuado almacenamiento o de alta humedad relativa en la zona de trabajo. Las normas especifican la humedad solo en razón a que el producto se utiliza como materia prima para elaborar morteros predosificados, que incorporan cemento y una alta humedad los haría endurecer
Modo de empleo	SikaFume viene listo para ser empleado. Se adiciona a la mezcla con los agregados o con el cemento. Para garantizar la distribución homogénea de la microsilica en la mezcla, debe incrementarse el tiempo de mezclado. Este es el siguiente esquema de mezcla tanto en planta como en la obra: • Colocar en la mezcladora los agregados. • Adicionar la cantidad de SikaFume requerida y mezclar por 1 minuto. • Adicionar el cemento y continuar el mezclado hasta los 2 minutos. • Adicionar el agua de amasado con el superplastificante Sikament disuelto en ella, en la dosis requerida para lograr la consistencia deseada de la mezcla. Mezclar por 2 minutos adicionales.
Dosificación	SikaFume se dosifica entre el 3 y el 10% del peso del cemento de la mezcla de acuerdo con los resultados deseados. Debido a que la microsilica es una adición en polvo, muy fina, por su gran superficie específica se genera una mayor demanda de agua, para igual consistencia de la mezcla, por lo tanto debe acompañarse SikaFume con la dosis adecuada de superplastificante Sikament, evitando así elevar la relación agua/cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar el diseño óptimo de la mezcla y las dosis requeridas de adiciones y aditivos.
Limitaciones	Proteger el producto de la humedad. Debido a las bajas relaciones a/c característica de los hormigones con microsilica es recomendado el uso de superplastificantes. Para obtener superficies con un acabado eficiente es necesario usar curadores. Se recomienda usar Antisol como curador.
Precauciones	Se debe prever un excelente curado al momento de utilizar microsilica o SikaFume en los hormigones y morteros. Curar por lo menos durante 7 días, ya que se pueden presentar microfisuras en caso de defectuoso curado. Contiene sílice y óxido de hierro. Evite respirar el polvo. Use solamente con ventilación adecuada. Puede causar irritación en la piel, ojos y vías respiratorias. Use gafas de seguridad, guantes de caucho y mascarillas para polvos. En caso de contacto con la piel, lavar la parte afectada con abundante agua y jabón. Para contacto con los ojos lavar con abundante agua durante 15 minutos y consultar un especialista. En caso de derrames accidentales recoger en recipientes adecuados y desecharlos de acuerdo a las regulaciones locales.
Presentación	Fundas de 15 kg.
Almacenamiento	El tiempo de almacenamiento es de 60 meses, protegido de la humedad. Condiciones de almacenamiento: lugar seco y bajo techo.

Códigos R/S
R: 20/36 S: 2/24/25

La información y, en particular, las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika, respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son las particularidades que de ésta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir garantía alguna respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como responsabilidad alguna que surge de cualquier relación legal. El usuario del producto debe probar la conveniencia del mismo para un determinado propósito. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica local, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.



Sika Ecuador S.A.
www.sika.com.ec
Guayaquil - km. 3 1/2 vía Durán - Teléfono 2012700 Fax 2012229
Quito - Panamericana Norte km. 710 Teléfono 2004418 - 2004420
Cuenca - Av. de las Américas y 1^{ra} de Mayo Teléfono 2000754



SikaFume 22

ANEXO C:
RESULTADOS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

RESULTADOS DE LA MEZCLAS DEL C.A.R CON ADITAMENTOS									
		TESIS: DETERMINACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA CURVA ESFUERZO VS TIEMPO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE ADITAMENTO DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, UTILIZANDO AGREGADOS, DE LA CANTERA FLORES Y CEMENTO CHIMBORAZO							
METODO DE DISEÑO PARA HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA DE 55 Mpa									
Nº PROBETAS	DOCIFICACION	ASENTAMIENTO (cm)	SUPERPLASTIFICANTE (%)	DATOS DEL ESPECIMEN			RESULTADOS DEL ESPECIMEN		
				FECHA ENSAYO	EDAD (días)	PESO (Kg)	CARGA MAXIMA (N)	TIPO DE FALLA	ESFUERZO (Mpa)
1	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	12,65	822308,8	2	45,09
2	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	12,98	808813,4	2	44,35
3	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	12,88	892339,1	3	48,93
4	M 3%	8	1,6	23/09/2013	7	13,09	830333,1	3	45,53
5	M 5%	8	1,6	30/09/2013	14	13,05	893615,7	3	49,00
6	M 5%	8	1,6	30/09/2013	14	12,98	868995,7	2	47,65
7	M 5%	8	1,6	30/09/2013	14	13,11	910029	3	49,90
8	M 5%	8	1,6	30/09/2013	14	13,08	891791,9	3	48,90
9	M 7%	8	1,6	07/10/2013	21	13,098	908205,3	2	49,80
10	M 7%	8	1,6	07/10/2013	21	12,88	920971,3	3	50,50
11	M 7%	8	1,6	07/10/2013	21	13,113	910029,1	3	49,90
12	M 7%	8	1,6	07/10/2013	21	13,09	893615,7	2	49,00
13	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	12,97	1022369,29	2	56,06
14	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	13,08	1015803,9	2	55,70
15	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	13,056	1022004,54	2	56,04
16	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	13,094	1016351,06	3	55,73
17	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	12,97	1038235,52	3	56,93
18	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	13,13	1045712,7	3	57,34
19	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	13,21	1059208,1	3	58,08
20	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	12,99	1077080,4	3	59,06
21	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	13,013	1043341,9	3	57,21
22	M 10%	8	1,6	14/10/2013	28	13,17	1070697,4	3	58,71

**ANEXO D:
REGISTRO FOTOGRÁFICOS**



OBTENCIÓN DE LOS AGREGADOS A UTILIZAR EN CONCRETO CANTERA FLORES



MATERIALES A EMPLEARSE EN LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO



AGREGADO FINO DE LA CANTERA FLORES



AGREGAD GRUESO DE LA CANTERA FLORES



ELABORACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA



COLOCACIÓN DE MICROSÍLICE



MEZCLADO DEL CONCRETO



LIMPIEZA DE CILINDROS A ELABORAR



ASENTAMIENTO DEL CONCRETO



ELABORACIÓN DE CILINDROS DE PRUEBAS



CILINDROS TOMADOS



TANQUE DE CURADO DE CILINDROS



TOMA DE MEDIDAS DE CILINDROS



ENSAYO DE CILINDROS

ANEXO C.
JUSTIFICATIVOS DE ENSAYOS DE CILINDROS



RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 3% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 3% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 5% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 5% DEMICROSÍLICE



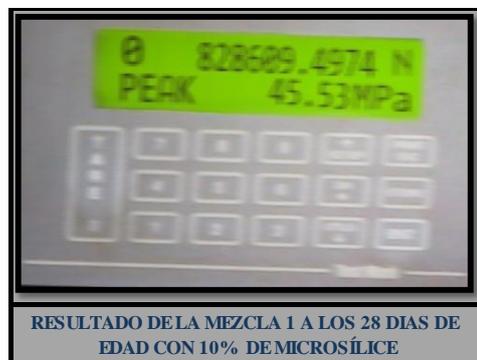
RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 7% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 7% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 10% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 1 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 10% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 3% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 3% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 5% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 5% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 7% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 7% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 10% DEMICROSÍLICE



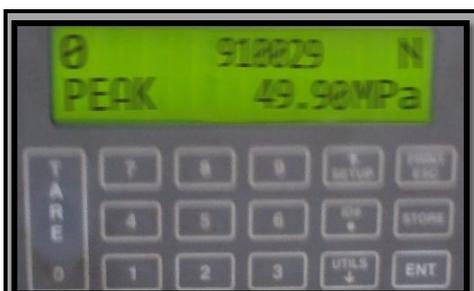
RESULTADO DE LA MEZCLA 2 A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 10% DEMICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



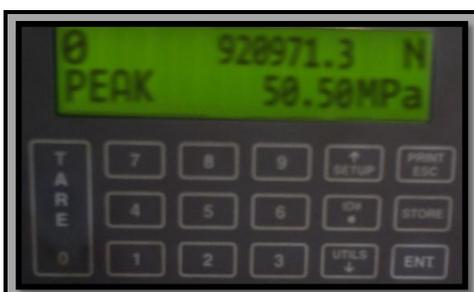
RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 7 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



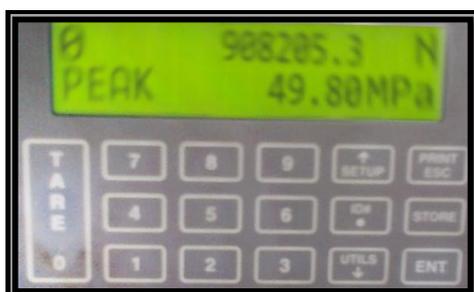
RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 14 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



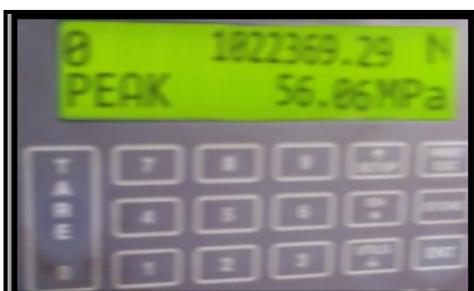
RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 14 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



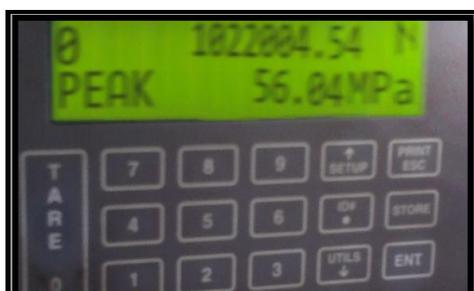
RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 21 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 21 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



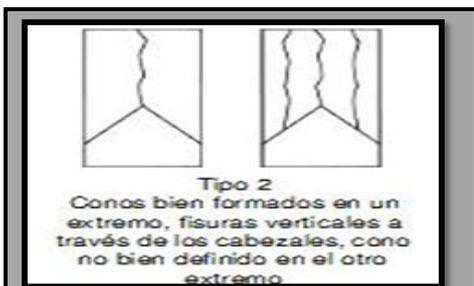
RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



RESULTADO DE LA MEZCLA IDEAL A LOS 28 DIAS DE EDAD CON 3% DE MICROSÍLICE



FALLA DE CILINDRO TIPO 2



FALLA DEL CILINDRO TIPO 3



FALLA DE CILINDRO TIPO 2



FALLA DEL CILINDRO TIPO 3



FALLA DE CILINDRO TIPO 2



FALLA DEL CILINDRO TIPO 3