

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(260)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	SERGIO ANDRES GUERRERO ACOSTA YESSICA MARCELA PRADO VILLAMIZAR		
FACULTAD	DE INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	PEDRO NEL ANGARITA USCATEGUI		
TÍTULO DE LA TESIS	PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MEZCLA PREDOSIFICADA Y PREMEZCLADA DE MORTERO Y CONCRETO AL VACÍO PARA LA UTILIZACIÓN EN OBRA EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACION SE REALIZO CON EL FIN DE ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MEZCLAS PREDOSIFICADAS Y PREMEZCLADAS DE CONCRETO Y MORTERO EMPACADAS AL VACIO, EMPLEANDO RESISTENCIAS DE 2500, 3000 Y 3500 PSI PARA CONCRETO Y 75, 125 Y 140 Kg/Cm² PARA EL MORTERO, EN CUANTO A LOS RESULTADOS SE OBSERVA QUE LAS RESISTENCIAS MANTIENEN SU VALOR DE DISEÑO DURANTE LOS TRES MESES DE ESTUDIO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 260	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 48	CD-ROM: 1



PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MEZCLA PREDOSIFICADA Y
PREMEZCLADA DE MORTERO Y CONCRETO AL VACÍO PARA LA UTILIZACIÓN EN
OBRA EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

SERGIO ANDRES GUERRERO ACOSTA

YESSICA MARCELA PRADO VILLAMIZAR

Trabajo de Grado Para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

PEDROL NEL ANGARITA USCATEGUI

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Abril de 2017

Agradecimientos

Inicialmente queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a cada una de las personas que aportaron al desarrollo y finalización del presente trabajo de grado.

Especialmente a Dios, por brindarnos la fuerza, sabiduría y conocimiento para afrontar todos los obstáculos encontrados en el desarrollo de este proyecto de investigación, por ser nuestra guía en el transcurso de esta carrera universitaria, la cual nos permite culminar y obtener el título tan anhelado por largos años de estudio y dedicación.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres y hermanos que siempre estuvieron brindándonos su apoyo incondicional y que con sus consejos nos impulsaron a seguir adelante en cada una de las dificultades que se presentaron a largo del camino.

A nuestro director de tesis, ingeniero Pedro Nel Angarita Uscategui por sus valiosos aportes y enseñanzas que fueron de vital importancia para el avance de este proyecto.

A nuestros jurados, ingeniero Leandro Ovallos Manosalva y la ingeniera Rocio Alexandra Guevara Gelves, por sus consejos y ayuda cada vez que la necesitábamos, los cuales fueron fundamentales para el proceso de esta tesis, ya que con sus aportes contribuyeron al progreso y mejoramiento de la misma.

A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por facilitarnos el préstamo de todos los equipos de laboratorio necesarios, agradecer de manera especial al señor Oliver Picón Vacca, persona encargada del laboratorio de Suelos, el cual nos orientó en el desarrollo de los ensayos a realizar.

A todo el personal de la facultad de ingeniería civil, especialmente a la secretaria Yisneidy Ballesteros por su colaboración y orientación en cada uno de los procesos que se deben llevar a cabo.

Agradecer de manera especial a Miguel Andrés Solano, por la colaboración con el suministro de los materiales necesarios, la disposición para ayudar y brindar aportes que fueron herramientas fundamentales y de gran importancia para el desarrollo de este proyecto de grado.

Al laboratorio Suelos y Concretos S.A.S, especialmente al ingeniero Víctor Flórez por sus consejos, enseñanzas y la colaboración recibida para la realización de los ensayos de resistencia a la compresión.

Infinitas gracias, Sergio Guerrero y Yessica Prado.

Dedicatoria

Este triunfo lo dedico especialmente a Dios, por brindarme la sabiduría necesaria y la salud para terminar de la mejor manera este trabajo y con ello lograr lo que un día fue solo un sueño.

A mi mamá, Nancy Villamizar y mi papá Eduardo Prado por su apoyo incondicional, por los consejos que nunca faltaron en este largo camino que juntos recorrimos, agradecerles enormemente por sus esfuerzos, por su amor y entrega, por estar junto a mí en cada paso que doy, ahora puedo decir que este logro alcanzado también es de ustedes y que valió la pena cada uno de los sacrificios y los esfuerzos. Los amo mucho

A mis hermanos por hacer parte de esta formación como profesional y darme motivación para seguir adelante a pesar de los altibajos, por su cariño, el apoyo y los consejos para seguir adelante.

A mis sobrinos Darien Felipe y Gabriel Noah por ser mi motivación para querer ser cada día mejor y lograr este sueño de ser ingeniera civil.

A Sergio Andrés Guerrero Acosta que además de ser mi compañero de tesis es mi compañero de vida, gracias por el amor incondicional, por las palabras de ánimo y por la confianza, este es solo uno de muchos de los logros que alcanzaremos.

Muchas gracias a todos los que un día creyeron en mí.

Yessica Marcela Prado Villamizar.

Dedicatoria

Este logro se lo dedico principalmente a Dios por guiarme y por la sabiduría que me brindó para terminar con éxitos esta formación como profesional.

A mis padres Yolimar Acosta Navarro y Juan D. Ortega Palacio por ser mi apoyo constante en este proceso, por su amor, entrega y sus continuos esfuerzos a lo largo de mi vida que han servido en mi formación personal y profesional. Ahora puedo decir que este logro es de ustedes también y que valió la pena cada sacrificio y esfuerzo realizado.

A mi hermano Juan Felipe Ortega Acosta y demás familiares por acompañarme en cada uno de mis logros y aportar a que este sueño se hiciera realidad.

A mi compañera de proyecto y de vida Yessica Marcela Prado Villamizar por su amor, su entrega, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y por hacer parte de este sueño que poco a poco se hizo realidad. Muchas gracias, este logro es el primero de muchos juntos.

Sergio Andrés Guerrero Acosta

Índice

Introducción	xix
---------------------------	------------

Capítulo I. Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander.....	1
---	----------

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación	4
1.5. Delimitaciones	5
1.5.1. Delimitación operativa.....	5
1.5.2. Delimitación conceptual.....	6
1.5.3. Delimitación Geográfica.....	6
1.5.4. Delimitación Temporal.....	6

Capitulo II. Marco referencial.....	7
--	----------

2.1. Marco Histórico	7
2.1.1. Ventajas del concreto premezclado.....	8
2.2. Marco Contextual	11
2.2.1. Ubicación donde se llevara a cabo la investigación.....	11
2.2.2. Lugar de procedencia de materiales.....	12
2.2.3. Lugar de procedencia del equipo para el empaque al vacío.....	13
2.3 Marco Conceptual.....	14
2.3.1. Concreto.....	14
2.3.2. Mortero.....	14
2.3.3. Cemento.....	15
2.3.4. Dosificación del concreto.....	16

2.3.5. Morteros y hormigones predosificados.	16
2.3.6. Empaque al vacío.....	17
2.3.7. Agua.....	17
2.3.8. Agregados.	17
2.3.9. Granulometría.	19
2.3.10. Arena.....	20
2.3.11. Construcción.	20
2.3.12. Rendimiento de obra.	21
2.3.13. Ensayos de Laboratorio.	21
2.3.14. Aditivos.....	22
2.3.15. Estudios de mercado.	22
2.4. Marco teórico.....	23
2.4.1. Materiales para la elaboración del concreto.	24
2.4.1.1. El cemento.	24
2.4.1.2. Agregados.....	35
2.4.1.3. Agregado fino y grueso.	37
2.4.1.4. Agua.....	42
2.4.2. Concreto.....	43
2.4.2.1. Propiedades principales del concreto fresco.....	44
2.4.2.2. Propiedades del Concreto Endurecido.....	49
2.4.3. Mortero.	53
2.4.3.1. Clasificación de los morteros de cemento.	57
2.4.3.2. Propiedades.....	59
2.5. Marco Legal.....	61
2.5.1. Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC.	61
2.5.2. Instituto Nacional de Vías (Invias).	61
Capítulo III. Diseño Metodológico	64
3.1. Tipo de Investigación.....	64
3.2. Población	66
3.3. Muestra	66

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información	67
3.5. Análisis de la información	69
3.5.1. Fase I: Metodología experimental.	69
3.5.2. Fase II: Análisis de resultados.	70
3.5.3. Fase III: Diseño de mezclas.	70
3.5.4. Fase IV: Resultados y análisis de ensayos de compresión.	70
3.5.5. Fase V: Tabla de la cantidad exacta de agua.	71
3.5.6. Fase VI: Evaluación financiera.	71
Capítulo IV. Administración del proyecto	72
4.1. Recursos humanos	72
4.2. Recursos institucionales.....	72
4.3. Recursos Financieros	72
Capítulo V. Descripción y análisis de resultados	74
5.1. Metodología experimental	75
5.1.1. Ensayos realizados a los materiales.	75
5.1.1.1. Contenido de humedad para agregado grueso y fino.....	76
5.1.1.2. Peso unitario de los agregados compactados o sueltos.....	77
5.1.1.3. Análisis granulométrico por tamizado de agregados finos y gruesos.	79
5.1.1.4. Gravedad específica y absorción para agregados finos.	80
5.1.1.5. Gravedad específica y absorción para agregados gruesos.....	82
5.1.1.6. Densidad del cemento hidráulico.	83
5.1.1.7. Contenido de materia orgánica de agregado fino.	86
5.1.1.8. Resistencia al desgaste de agregados gruesos.	87
5.1.1.9. Asentamiento del concreto.	89
5.1.2. Proceso de empacado al vacío para muestras de concreto y mortero.	91
5.1.3. Elaboración de probetas de concreto y mortero.	94
5.1.3.1. Elaboración de cilindros de concreto.....	94
5.1.3.2. Elaboración de los cubos de mortero.....	95
5.1.4. Curado en el laboratorio de muestras de concreto y mortero.	96

5.1.5. Resistencia a la compresión a las probetas.	97
5.1.5.1. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.	97
5.1.5.2. Resistencia a la compresión de cubos de mortero.	98
5.2. Análisis de Resultados	100
5.2.1 Resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados a los materiales.	101
5.2.1.1. Contenido de humedad agregado fino.	101
5.2.1.2. Gravedad específica y absorción del agregado fino.	102
5.2.1.3. Masa unitaria suelta y compacta del agregado fino.	103
5.2.1.4. Análisis granulométrico agregado fino.	104
5.2.1.5. Contenido de materia orgánica de agregado fino.	105
5.2.1.6. Contenido de humedad de agregado grueso.	105
5.2.1.7. Gravedad específica y absorción del agregado grueso.	106
5.2.1.8. Análisis granulométrico agregado grueso.	107
5.2.1.9. Masa unitaria suelta y compacta del agregado grueso.	108
5.2.1.10. Resistencia al desgaste de agregado grueso.	109
5.2.1.11. Densidad del cemento hidráulico.	110
5.3. Diseño de mezclas	112
5.3.1. Descripción del procedimiento para el diseño de mezclas de concreto.	112
5.3.1.1. Elección de asentamiento.	114
5.3.1.2. Elección del tamaño máximo nominal (TMN).	115
5.3.1.3. Estimación del contenido de aire.	116
5.3.1.4. Estimación de la cantidad de agua de mezclado.	117
5.3.1.5. Elección de la relación agua / cemento.	119
5.3.1.6. Calculo del contenido de cemento.	120
5.3.1.7. Verificación de las especificaciones granulométricas.	120
5.3.1.8. Optimización de la granulometría.	121
5.3.1.9. Estimación del contenido de arena y grava.	124
5.3.1.10. Ajustar la cantidad de agua por el contenido de humedad del agregado.	126
5.3.1.11. Ajuste a las mezclas de prueba.	128
5.3.2. Descripción del procedimiento para el diseño de mezclas de mortero.	129
5.3.2.1. Selección de la Fluidez.	130

5.3.2.2. Resistencia de dosificación.....	131
5.3.2.3. Contenido de cemento.	131
5.3.2.4. Contenido de agua.	134
5.3.2.5. Calculo del volumen de arena.	137
5.3.2.6. Contenido de arena.	137
5.3.3. Diseño de mezclas de concreto.....	138
5.3.3.1. Diseño de mezcla para la resistencia de 3500 Psi.....	139
5.3.3.2. Diseño de mezcla para la resistencia de 3000 Psi.....	148
5.3.3.3. Diseño de mezcla para la resistencia de 2500 Psi.....	153
5.3.4. Diseño de mezclas de mortero.....	159
5.3.4.1. Diseño de mezclas para antepisos.	159
5.3.4.2. Diseño de mezclas para pega de ladrillo.....	163
5.3.4.3. Diseño de mezclas para revoque.....	166
5.4. Resultados y análisis de ensayos de resistencia a la compresión	169
5.4.1. Resultados de concreto obtenidos en el mes cero.....	170
5.4.2. Resultados de concreto obtenidos en el mes uno.....	171
5.4.3. Resultados de concreto obtenidos en mes el dos.	172
5.4.4. Resultados de concreto obtenidos en el mes tres.....	173
5.4.5. Resultados de mortero obtenidos en el mes cero.....	179
5.4.6. Resultados de mortero obtenidos en el mes uno.....	180
5.4.7. Resultados de mortero obtenidos en el mes dos.	181
5.4.8. Resultados de mortero obtenidos en el mes tres.	182
5.5. Tabla de cantidad exacta de agua	187
5.5.1. Cantidad exacta de agua para concretos.	188
5.5.2. Cantidad exacta de agua para morteros.	189
5.6. Evaluación financiera	191
5.6.1. Mezcla de concreto de 3500 psi.....	192
5.6.2. Mezcla de concreto de 3000 psi.....	196
5.6.3. Mezcla de concreto de 2500 psi.....	198
5.6.4. Mezcla de mortero para antepisos.	200
5.6.5. Mezcla de mortero para pega de ladrillo.	203

5.6.6. Mezcla de mortero para revoque.	206
5.6.7. Factor de mayoración.	211
5.6.8. Análisis de la encuesta.	217
Capítulo VI. Conclusiones.....	219
Capítulo VII. Recomendaciones	222
Referencias	223
Apéndices.....	227
Apéndice A. Certificado de calibración máquina de ensayos de compresión.	228
Apéndice B. Encuesta.	231
Apéndice C. Formato de contenido de humedad de agregado fino y grueso.	232
Apéndice D. Gravedad específica de agregado fino.	233
Apéndice E. Gravedad específica de agregado grueso.	234
Apéndice F. Masa unitaria suelta y compacta para agregados.	235
Apéndice G. Análisis granulométrico de agregados.....	236
Apéndice H. Resistencia al desgaste del agregado grueso.	237
Apéndice I. Formato de densidad del cemento.	238
Apéndice J. Formato de resistencia a la compresión del concreto.	239
Apéndice K. Formato de resistencia a la compresión de mortero.	240

Lista de figuras

Figura 1. Determinación del contenido de humedad para agregados.	76
Figura 2. Ensayo de masa unitaria suelta.	78
Figura 3. Ensayo para determinar la masa unitaria compacta.	79
Figura 4. Análisis granulométrico de los agregados.	80
Figura 5. Saturación de agregados finos y gruesos con agua.	81
Figura 6. Determinación de la gravedad específica del agregado fino.	82
Figura 7. Determinación de la gravedad específica del agregado grueso.	83
Figura 8. Ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico.	84
Figura 9. Toma de la lectura final.	85
Figura 10. Agregado con hidróxido de sodio al 3%.	86
Figura 11. Determinación del contenido de materia orgánica de agregado fino.	87
Figura 12. Determinación de la resistencia al desgaste del agregado grueso.	89
Figura 13. Proceso de llenado del molde para medir el asentamiento.	90
Figura 14. Determinación del asentamiento de la mezcla de concreto.	91
Figura 15. Balanza digital.	91
Figura 16. Proceso de mezclado en seco.	92
Figura 17. Empacado de las muestras predosificadas.	92
Figura 18. Sellado y extracción de aire.	93
Figura 19. Sellado y extracción de aire.	93
Figura 20. Muestra de concreto empacada al vacío.	94
Figura 21. Cilindros de concreto.	95
Figura 22. Cubos de mortero.	96
Figura 23. Proceso de curado de muestras de concreto y mortero.	97
Figura 24. Determinación de la resistencia de los cilindros de concreto.	98
Figura 25. Resistencia a la compresión de cubos de mortero.	99
Figura 26. Determinación del contenido de cemento mortero seco.	132
Figura 27. Determinación del contenido de cemento mortero húmedo.	133
Figura 28. Determinación del contenido de cemento.	134
Figura 29. Determinación del contenido de cemento.	135
Figura 30. Determinación relación agua – cemento.	136
Figura 31. Método gráfico de la optimización de la granulometría.	143
Figura 32. Comportamiento de la resistencia de 3500 psi.	175
Figura 33. Comportamiento de la resistencia de 3000 PSI.	176
Figura 34. Comportamiento de la resistencia de 2500 PSI.	177
Figura 35. Comportamiento resistencias de concreto.	178
Figura 36. Comportamiento de la resistencia de 140 kg/cm ²	183
Figura 37. Comportamiento de la resistencia de 125kg/cm ²	184
Figura 38. Comportamiento de la resistencia de 75 kg/cm ²	185
Figura 39. Comportamiento de resistencias de mortero.	186
Figura 40. Comparación de costos de concreto.	209
Figura 41. Comparación de costos para mortero.	210
Figura 42. Precio por nivel concreto de 3500 psi.	214
Figura 43. Precio por nivel concreto de 3000 psi.	214
Figura 44. Precio por nivel concreto de 2500 psi.	215

Figura 45. Precio por novel mortero de 140 kg/cm ²	215
Figura 46. Precio por nivel mortero de 125 kg/cm ²	216
Figura 47. Precio por nivel mortero de 75 kg/cm ²	216
Figura 48. Análisis de la encuesta realizada	218

Lista de tablas

Tabla 1. Tecnicas e instrumentos de recoleccion de informacion	67
Tabla 2. Presupuesto de gastos en el desarrollo del proyecto de investigacion.....	73
Tabla 3. Granulometria de la muestra de agregado para ensayo.	88
Tabla 4. Carga abrasiva para ensayo de agregado grueso	88
Tabla 5. Resultados contenido de humedad agregado fino.....	101
Tabla 6. Resultados de gravedad especifica y absorcion de agregado fino	102
Tabla 7. Resultados de masa unitaria de agregado fino.....	103
Tabla 8. Resultados de analisis granulometrico de agregado fino.....	104
Tabla 9. Resultados del contenido de humedad del agregado grueso.....	105
Tabla 10. Resultados de la gravedad especifica y la absorcion del agregado grueso	106
Tabla 11. Resultados del analisis granulometrico del agregado grueso	107
Tabla 12. Resultados de masa unitaria del agregado fino.....	108
Tabla 13. Resultados de resistencia al desgaste de agregado grueso.....	109
Tabla 14. Resultados de densidad del cemento hidraulico	110
Tabla 15. Tabla resumen de resultados.....	110
Tabla 16. Valores de asentamiento recomendado para diversas clases de construccion.....	115
Tabla 17. Valores recomendados de TMN según el tipo de construccion.....	116
Tabla 18. Contenido aproximado de aire en el concreto para varios grados de exposicion .	117
Tabla 19. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire	118
Tabla 20. Relacion entre la resistencia a la compresion y algunos valores de a/c.....	119
Tabla 21. Rango granulometrico recomendado	122
Tabla 22. Fluides recomendada del mortero para diversos tipos de estructura	130
Tabla 23. Resistencias tomadas para el diseño	131
Tabla 24. Uso de los morteros de cemento	138
Tabla 25. Rango granulometrico recomendado según el tamaño maximo	142
Tabla 26. Optimizacion granulometrica	144
Tabla 27. Propiedades de los agregados	146
Tabla 28. Cantidades y dosificacion de la mezcla de 3500psi.....	147
Tabla 29. Cantidades y dosificacion de la mezcla de 3000psi.....	153
Tabla 30. Cantidades y dosificacion de la mezcla de 2500psi.....	158
Tabla 31. Cantidades y dosificacion de la mezcla de antepisos	162
Tabla 32. Cantidades y dosificacion de la mezcla de pega de ladrillo.....	166
Tabla 33. Cantidades y dosificacion de la mezcla de revoque.....	169
Tabla 34. Resultados resistencia a la compresion de concreto mes cero.....	170
Tabla 35. Resultados resistencia a la compresion de concreto mes uno.....	171
Tabla 36. Resultados resistencia a la compresion de concreto mes dos	172
Tabla 37. Resultados resistencia a la compresion de concreto mes tres	173
Tabla 38. Resultados resistencia a la compresion de mortero mes cero	174
Tabla 39. Resultados resistencia a la compresion de mortero mes uno.....	179
Tabla 40. Resultados resistencia a la compresion de mortero mes dos	180
Tabla 41. Resultados resistencia a la compresion de mortero mes tres	182
Tabla 42. Cantidad exacta de agua para concreto	189
Tabla 43. Cantidad exacta de agua para mortero	190
Tabla 44. Precios utilizados en el estudio financiero.....	191
Tabla 45. Precio unitario de mezcla predosificada de 3500 psi.....	193

Tabla 46. Comparacion de costos de mezcla 3500psi convencional vs predosificada	195
Tabla 47. Precio unitario de mezcla predosificada de 3000 psi.....	196
Tabla 48. Comparacion de costos de mezcla 3000psi convencional vs predosificada	197
Tabla 49. Precio unitario de mezcla predosificada de 2500 psi.....	198
Tabla 50. Comparacion de costos de mezcla 2500psi convencional vs predosificada	199
Tabla 51. Precio unitario de mezcla predosificada para antepisos	201
Tabla 52. Comparacion de costos mezcla 140 kg/cm2 convencional vs predosificada	203
Tabla 53. Precio unitario de mezcla predosificada para pegar ladrillo	204
Tabla 54. Comparacion de costos mezcla 125 kg/cm2 convencional vs predosificada	205
Tabla 55. Precio unitario de mezcla predosificada para pega de ladrillo	206
Tabla 56. Comparacion de costos mezcla 75kg/cm2	207
Tabla 57. Precios de transporte de los materiales a diferentes niveles	211
Tabla 58. Cantidades de los materiales para 1 m3 de mezcla.....	212
Tabla 59. Factor de mayoracion para concreto	213
Tabla 60. Factor de mayoracion para mortero	213

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de estudiar el comportamiento de la resistencia a la compresión de mezclas predosificadas y premezcladas de concreto y mortero, inicialmente se realizaron ensayos a los materiales a emplear con el fin de conocer sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales son fundamentales para la realización del diseño de mezclas para cada una de las resistencias que se trabajaron siendo estas 2500 psi, 3000 psi y 3500 psi para el concreto y 75 Kg/cm², 125 Kg/cm² y 140 Kg/cm² para el mortero; seguido de esto se realiza el proceso de empacado al vacío de las muestras necesarias para los ensayos y se procede a la elaboración de las probetas las cuales se harán cada mes por un transcurso de tres meses, teniendo en cuenta lo estipulado en la norma del instituto nacional de vías (INVIAS), la cual menciona el procedimiento a seguir para la elaboración, curado y realización de los ensayos de resistencia a la compresión para los cilindros de concreto y los cubos de mortero. En cuanto a los resultados obtenidos se observa que las resistencias mantienen su valor de diseño durante el periodo de tres meses y los materiales conservan sus propiedades al estar empacados al vacío.

Introducción

Debido a que el área de la construcción viene creciendo notoriamente se hace necesario implementar nuevos proyectos que brinden ventajas y beneficios en este campo, es por esta razón que con este proyecto de investigación se propone la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra, la cual consiste básicamente en obtener una mezcla que cumpla con una resistencia indicada agregándole solamente la cantidad de agua requerida para la mezcla que se desee preparar.

Este proyecto principalmente se basa en el estudio del comportamiento de las resistencias que se obtienen de las mezclas, las cuales se realizan con muestras de concreto y mortero empacadas al vacío, este proceso consiste en extraer completamente el aire del interior del empaque para evitar que los materiales que ya se encuentran mezclados pierdan sus propiedades, especialmente el cemento que por ser un material cementante pierde rápidamente sus propiedades.

Para evaluar el comportamiento de las mezclas inicialmente se deben realizar una serie de procesos, los cuales serán de vital importancia para obtener los resultados esperados, primero se deben realizar los ensayos a cada material (arena, triturado y cemento) de donde se obtendrán los datos necesarios para la realización del diseño de mezclas de concreto y mortero, siendo este el paso más importante ya que mediante este se logra la dosificación necesaria de cada material para alcanzar una resistencia indicada, seguido de esto se realiza el proceso del empacado al vacío de las muestras siendo necesario almacenarlas en un lugar óptimo por un periodo de tres

meses, cada mes se tomara una muestra de concreto y mortero de diferentes resistencias para la elaboración de las probetas, las cuales se ensayaran a los 28 días con el fin de conocer la resistencia obtenida y compararla con la de diseño, de esta manera se estudiara el comportamiento de la misma verificando si se mantiene, aumenta o disminuye.

Cada ensayo se realizara bajo los lineamientos estipulados por una norma en específico, esto con el fin de obtener un producto de calidad que cumpla con todos los requerimientos necesarios y garantice confiabilidad, además de esto implementar un producto con grandes ventajas en la construcción como lo son disminución de tiempo en las actividades, reducción de costos en cuanto a transporte de materiales y mano de obra, esto se determina con la elaboración de la evaluación financiera la cual permite conocer la viabilidad económica al implementar la mezcla predosificada y los gastos que se pueden disminuir.

Capítulo I. Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander

1.1. Planteamiento del problema

El concreto y el mortero son mezclas elaboradas con materiales como lo son el cemento, arena y triturado, siendo estas de vital importancia en muchas de las actividades de construcción debido a su resistencia, versatilidad, durabilidad y economía lo que los han llevado a convertirse en los materiales de construcción más utilizados en todo el mundo. (Anguiano y Pérez, La importancia del concreto como material de construcción (2013)).

En el municipio de Ocaña se ha visto un incremento en el área de la construcción lo que genera problemáticas en cuanto al inadecuado almacenamiento de los materiales especialmente los que son utilizados para la elaboración de concretos y morteros, ocasionando multas e invasión del espacio público, incremento en los costos del proyecto a causa del transporte de los materiales por separado y desperdicios debido a que el almacenamiento se realiza a la intemperie; en muchas ocasiones no se utilizan las dosificaciones correctas lo que causa pérdidas y sobrecostos, el tiempo de ejecución de estas mezclas generan atrasos en algunos procesos constructivos, en definitiva todos estos factores se ven directamente relacionados con los costos de un proyecto de construcción.

Con el propósito de dar solución, existen empresas a nivel internacional y nacional brindando como alternativa la elaboración de una mezcla predosificada. En Colombia la empresa Cemex ha venido comercializando mezclas de mortero las cuales son poco usadas ya que su costo no es competitivo debido a la utilización de aditivos que elevan su valor.

Por esta razón se ve necesario buscar nuevos métodos que brinden solución sin elevar los costos en las construcciones del municipio de Ocaña, favoreciendo el almacenamiento de materiales; siendo uno de estos el empaque al vacío donde se busca eliminar el uso de aditivos, permitiendo mantener las características esenciales de los componentes de la mezcla especialmente del cemento que como material estabilizante es el que suele perder sus propiedades más rápido con el paso del tiempo y al contacto con el aire y además se logra reducir su valor en el mercado.

1.2. Formulación del problema

¿Qué tan necesaria puede ser la implementación de la mezcla predosificada y premezclada de concreto y mortero como alternativa para diferentes actividades en el ámbito de la construcción en el municipio de Ocaña?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Elaborar una mezcla predosificada y premezclada al vacío mediante ensayos de laboratorio, que permita un manejo en cuanto al almacenamiento y transporte de los materiales utilizados para la preparación del concreto y mortero en las diferentes actividades de construcción en el municipio de Ocaña.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Elaborar el diseño de las mezclas para las diferentes dosificaciones de estudio en cuanto a morteros y concretos.
- Realizar las pruebas de calidad y resistencia a la compresión a las probetas de concreto y mortero tomados de la mezcla predosificada y premezclada al vacío para garantizar que cumpla con la resistencia indicada en el diseño de mezclas.
- Elaborar una tabla de la cantidad exacta de agua que se le debe adicionar a las mezclas en estudio para un mejor rendimiento y comportamiento de la misma en obra.
- Desarrollar la evaluación financiera que permita conocer la viabilidad económica al adquirir la mezcla objeto de estudio Vs comprar cada material por separado.

1.4. Justificación

Hoy en día el sector de la construcción ha venido creciendo notablemente lo que hace necesario que se generen proyectos innovadores que logren disminuir los costos en obra y garanticen la calidad de los materiales, como es el caso de las mezclas predosificadas que en base a lo dicho por la Asociación Argentina del hormigón premezclado brindan beneficios en cuanto al almacenamiento ya que al ser mezclas empacadas se pueden almacenar de una forma adecuada sin obstruir el espacio público, además de esto la reducción de los costos por transporte de los materiales pues al hacerlo por separado estos se elevan, otro beneficio es la disminución de los tiempos de ejecución; de esta forma se están brindando alternativas novedosas y asequibles en el área de la construcción.

Sin embargo, las mezclas predosificadas requieren el uso de aditivos que ayuden a preservarla sin que pierda sus propiedades, elevando de esta forma el costo por volumen de este; según la empresa CEMEX en la ficha técnica de sus productos la duración de estas es aproximadamente 3 meses. Debido a esto se busca mediante el empaque al vacío eliminar el uso de aditivos manteniendo las características cementantes de la mezcla, ya que Castaño González (2013), afirma que:

El procedimiento de empacar al vacío consiste en extraer el aire del interior del empaque. Este método de conservación se efectúa con equipos especiales que hacen el vacío y sellan automáticamente el empaque. La inexistencia del oxígeno ocasiona que las

bacterias y microorganismos no se puedan reproducir y retarda cualquier proceso de descomposición. (Castaño Gonzales, 2013)

El aporte que brinda este proyecto de investigación es valioso para las personas que se dedican a la industria de la construcción, debido a los beneficios que ya se han mencionado anteriormente y además de esto se verán directamente beneficiadas las zonas de difícil acceso, como es el caso del Catatumbo ya que transportar las mezclas predosificadas es más factible que transportar cada material por separado.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Delimitación operativa. Durante la realización de la investigación se pronostica que pueden surgir inconvenientes relacionados con la recolección de la información ante la negativa de las personas a responder preguntas con respecto a los costos de los materiales y del transporte de los mismos ya que se deben conocer valores exactos para realizar la comparación con el producto en estudio.

Los materiales utilizados para la elaboración de la mezcla predosificada y premezclada se encuentran disponibles en la ciudad, de los cuales el triturado y la arena serán adquiridos de la cantera Provias EAT que se encuentra ubicada en el Km 12 Vía Ocaña-Cúcuta, Ocaña, Norte de Santander, Colombia y el cemento que se utilizara será ARGOS, para el caso del concreto se

trabajara con resistencias de 2500, 3000 y 3500 PSI y el mortero con resistencias entre 75kg/cm^2 y 140Kg/cm^2 donde se tendrán disponibles tres presentaciones que corresponderán a actividades ejecutadas dentro de una obra de construcción como lo son el revoque, pega de ladrillos y antepisos.

1.5.2. Delimitación conceptual. El presente proyecto de investigación tiene como objetivo la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de concreto y mortero, académicamente se encuentra enmarcada dentro de la línea de construcción donde se trataran temas relacionados con: concreto, mortero, costos, materiales y actividades de construcción, resistencia, ensayos de laboratorio, estudio de mercado, rendimientos en obra, dosificaciones, construcción, granulometría y aditivos.

1.5.3. Delimitación Geográfica. El proyecto de investigación se desarrollara en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.5.4. Delimitación Temporal. La realización de la investigación tendrá una duración de 4 meses.

Capitulo II. Marco referencial

2.1. Marco Histórico

El concreto premezclado preparado especialmente para ser empleado directamente en obra sería una gran ventaja para la industria de la construcción. Y así nació la idea del concreto premezclado. (Deacon, (1872) Concreto Premezclado Vs Concreto hecho en obra. Asociación Argentina del hormigón elaborado)

Ese mismo año se estableció en Inglaterra la primera planta de concreto premezclado en el mundo. Se continuó en Alemania en 1903, Estados Unidos en 1913, Dinamarca en 1926, Noruega y Suecia en 1937, Australia en 1939, Islandia en 1943, Holanda en 1948, México 1950, Bélgica en 1956, Finlandia y Sudáfrica en 1958, Austria en 1961, Italia en 1962, Israel en 1963 y en Argentina en 1964.

Es así como a nivel internacional se cuentan con empresas que se encargan de la elaboración y comercialización de la mezcla de concreto y mortero predosificada y premezclada, donde se han elaborado estudios que dan a conocer las ventajas de utilizar este tipo de mezclas y lo útil que puede llegar a ser para cualquier obra de construcción, uno de estos se desarrolló en Argentina donde se realizó un estudio de factibilidad para determinar las ventajas que tiene la mezcla predosificada al ser comparada con la mezcla preparada en obra, llegando así a conclusiones como estas, según la Asociación Argentina del Hormigón elaborado:

“La ventaja más sobresaliente en el empleo de concreto premezclado es la garantía de su producción en cuanto a las propiedades mecánicas del material, avalado no sólo por un riguroso control mediante continuas pruebas realizadas sobre el producto final, sino que además se realizan diferentes controles de los componentes, a través de un tratamiento estadístico de los mismos, y la capacitación permanente del personal involucrado en dichas tareas.”

2.1.1. Ventajas del concreto premezclado.

- Considerables avances en la tecnología y el equipamiento.
- Adecuado control de calidad sobre el concreto suministrado.
- Provisión de materiales componentes con pesadas controladas y precisas.
- Posibilidad de suministro las 24 horas.
- No se requiere espacio de almacenamiento para los agregados y el cemento en la obra.
- Eliminación de desperdicios o fugas de materiales.
- Menor control administrativo por el volumen y dispersión de compras de agregados y cemento.
- Mayor limpieza en la obra, evitando multas por invadir frecuentemente la vía pública con los materiales.
- Asesoramiento técnico especializado sobre cualquier aspecto relacionado con el uso o característica del concreto.

- La máxima experiencia trasladada al producto y puesta al alcance del usuario.
- Conocimiento real del costo del concreto.
- Mayores velocidades de colado y por consecuencia un avance en la terminación de la obra.
- Reducción de colados suspendidos, ya que el productor normalmente cuenta con más de una planta premezcladora.
- Disponibilidad de bombas de concreto para concreto bombeado.

(Concreto Premezclado Vs Concreto hecho en obra. Asociación Argentina del hormigón elaborado)

Según un estudio realizado por CONCREMAX S.A. (antes Firth Industries Perú), se dio a conocer la utilidad de la mezcla de concreto y mortero según las actividades de construcción, es decir; Con relación al mortero fácil o predosificado, el cual se define como una mezcla dosificada en seco de arena gruesa cemento, lista para agregarle agua; refirió que es ideal para contrapisos y asentado de unidades de albañilería: ladrillo, bloque de concreto o piedra y concreto fácil o predosificado, en tanto, es una mezcla dosificada en seco de piedra chancada, arena gruesa y cemento. Se comercializa bajo la resistencia convencional, no obstante tienen la capacidad para fabricarlo a medida de las necesidades de la obra, con diferentes resistencias, piedras de 1/2" y 1/4" y con cementos de tipo I y tipo V.

Para colocarlo en pisos, columnas, techos, pavimentos y otras zonas es importante preparar el lugar donde se va a vaciar la mezcla y encofrar con madera si es necesario. Se vacía la bolsa en el mezclador, en una carretilla o en una superficie limpia y plana formando una cavidad central. Luego hay que agregar la cantidad de agua recomendada y mezclar hasta lograr un espesor uniforme. Finalmente hay que colocar la mezcla y darle el acabado deseado. (Propuestas eficientes.(2015). Firth Industries Perú).

A nivel nacional cabe decir que existen empresas que elaboran estas mezclas predosificadas y premezcladas en ciudades del país como lo son Cali, Bogotá, entre otros, donde ya se dio a conocer el producto y se está comercializando a otros lugares, entre estas empresas esta CEMEX ubicada en la ciudad de Bogotá, donde se encuentran gran variedad de morteros predosificados, los cuales han sido diseñados específicamente para cumplir un uso adecuado, además de eso cada uno de ellos poseen diferentes resistencias, y vienen empacados en varias presentaciones en cuanto al tamaño, teniendo en cuenta las características que debe cumplir el mortero al seguir lo establecido en la norma, pero hay que decir que esta empresa aun no comercializa la mezcla predosificada y premezclada de concreto, siendo esta de suma importancia y más si observamos el gran crecimiento en el número de construcciones que se están ejecutando actualmente lo que podría generarles una disminución en los presupuestos. (Empresa Cemex, 2015)

En cuanto a nivel local, de acuerdo a investigaciones realizadas aún no hay una empresa que comercialice este producto en la ciudad y tampoco existe un proyecto de construcción donde se haya utilizado este tipo de mezclas.

2.2. Marco Contextual

EL proyecto de investigación “Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander”, tiene como finalidad innovar en el ámbito de la construcción y brindar alternativas confiables y de calidad para la comunidad en general, implementado la utilización de mezclas de concreto y mortero predosificadas las cuales generan ventajas al ser utilizadas en las obras presentes en el municipio y sus alrededores.

Es de vital importancia dar a conocer la ubicación donde se llevara a cabo el proyecto de investigación y el lugar de procedencia de los materiales que se utilizaran para la elaboración de las mezclas y el equipo necesario para el proceso del empaque al vacío de las muestras. A continuación se describen uno a uno estos aspectos.

2.2.1. Ubicación donde se llevara a cabo la investigación. Este proyecto se llevara a cabo en el municipio de Ocaña Norte de Santander, el cual ha tenido un notable crecimiento en el área de la construcción lo que genera expectativas de aceptación de las mezclas predosificadas ya que facilitarían el desarrollo de algunas actividades de construcción.

Ocaña es un municipio colombiano del departamento de Norte de Santander. Está ubicado en la zona nororiental y está conectado por carreteras nacionales con Bucaramanga, Cúcuta y Santa

Marta. Poblacionalmente, se constituye como el segundo municipio del departamento después de Cúcuta con 98.992 habitantes (a 2016), incluida el área rural. Su extensión territorial es de 460 km², que representa el 2,2% del departamento. Su altura máxima es de 1 202 msnm y la mínima de 761 msnm.

La ciudad de Ocaña fue fundada el 14 de diciembre de 1570, por el capitán Francisco Fernández de Contreras, se encuentra sobre la cordillera oriental andina. La rodean montañas que alcanzan los 2.600 msnm. Su temperatura promedio es de 22 °C. El área donde se encuentra Ocaña, se denomina Provincia de Ocaña. (Niño Bayona, K.A, (2013). Ocaña, Norte de Santander. Mi Ocaña bella).

2.2.2. Lugar de procedencia de materiales. Es importante conocer el lugar de procedencia de los materiales a utilizar para conocer las propiedades y características que este presenta ya que de ellos dependen en gran medida los resultados que se obtengan en el diseño de mezclas.

El agregado fino y grueso, se obtendrán de la cantera Provias E.A.T, la cual está ubicada en el Km 13 +100 vía Ocaña - Cúcuta cruce la playa de Belén y está a cargo del ingeniero Napoleón Gutiérrez de Piñerez, es una cantera legalmente constituida y con todas los requisitos y licencias vigentes, para la extracción de dicho material en el municipio de Ocaña, la cual tiene por objeto la explotación técnica y económica de un yacimiento de materia de construcción, comprende una extensión superficial total de 9 hectáreas.

Estos agregados son provenientes del río algodónal, el cual es una extensa zona de depósito aluvial, rica en diversidad de tamaños de rocas y gravas, al igual que amplios depósitos de arena, estas características son brindadas por encontrarse en la zona media del río, por lo que en temporadas invernales es susceptible a grandes arrastres de material, permitiendo en tiempos más cálidos el máximo beneficio de explotación en la fuente dado que el nivel del agua en estas temporadas es muy mínimo. (Roper y Guzmán, 2014, caracterización físico-mecánica de los agregados pétreos en el municipio de Ocaña)

2.2.3. Lugar de procedencia del equipo para el empaque al vacío. Este proceso se realiza con el fin de extraer todo el aire que se encuentre en el interior del empaque para evitar que los materiales se dañen o pierdan sus propiedades, para realizar esto se requiere de una máquina que realice el proceso de extracción del aire y otra que selle el empaque, estas son de elevados precios por lo cual el proceso de empaquetado se deberá realizar de una manera más práctica, es decir, con equipos que sean de fácil adquisición en el municipio de Ocaña, Norte de Santander o sus alrededores.

Los empaques al vacío se obtendrán de la empresa industrias plásticas Probolsas ubicada en la ciudad de Cúcuta Norte de Santander, fue creada en el año 2001 por el señor Pedro Ignacio Sandoval Varela, la cual se encarga de fabricar y comercializar empaques y rollos plásticos de acuerdo a los requerimientos del cliente. (Industrias plásticas Probolsas. (2015). Reseña histórica).

2.3 Marco Conceptual

2.3.1. Concreto. Es un adjetivo que permite hacer mención a algo sólido, o compacto. El término se suele oponer a lo general o abstracto, ya que está referido a algo determinado y preciso.

El concreto es un material muy frecuente en la construcción ya que tiene la capacidad de resistir grandes esfuerzos de compresión. Sin embargo, no se desempeña bien ante otros tipos de esfuerzos, como la flexión o la tracción. Por lo tanto, el concreto suele utilizarse en conjunto con el acero, en un compuesto que recibe el nombre de hormigón armado. (Pérez y Merino (2010) definición de concreto).

2.3.2. Mortero. En su definición más general es toda mezcla de cemento + arena + agua. Él puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno), o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función.

De acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra y de acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros de relación (1:3 Ó 1:4, etc.), queriendo indicar partes de cemento: arena. (Salamanca Correa R, La tecnología de los morteros. pag 42)

Según (Polanco y Setien) es la relación entre cantidad de conglomerante y cantidad de arena

- Mortero normal: compuesto por una parte de conglomerante por cada tres de arena, de manera que aquél rellene los vacíos existentes en ésta.
- Mortero magro: el volumen de conglomerante es insuficiente para rellenar los huecos del volumen de arena empleada.
- Mortero graso: el volumen de conglomerante es superior al de los huecos que presenta la arena.

2.3.3. Cemento. El cemento es una mezcla conglomerante elaborada a partir de la hidratación en agua de caliza y arcilla molidas, a las que se añade áridos como gravas y arenas para adquirir mayor fortaleza. Se mezclan los componentes secos y, luego de su hidratación, ha de aplicarse prontamente, pues se secado es relativamente rápido. Esta mezcla hidratada propicia una pasta flexible y plástica, muy uniforme (si los secos han sido bien molidos, claro) que al secar o fraguar adquiere una dureza y una resistencia únicas. (Euge, Definición, tipos y usos del cemento en la construcción.)

Según **David Apaza (2012)** lo define como un conglomerante formado a partir de una mezcla de calizas y arcillas calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua. El cemento mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo una consistencia pétreo. Esta mezcla también es llamada "concreto"; y por todo lo expresado

anteriormente es que su uso está muy generalizado en obras de construcción e ingeniería civil.

2.3.4. Dosificación del concreto. La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto a fin de obtener la trabajabilidad, resistencia y durabilidad requerida.

La dosificación debe basarse en múltiples factores tales como:

- Que elementos se van a vaciar.
- Que condiciones ambientales deberán soportar (humedad).
- Que materiales.
- Procedimientos de mezclado.
- Colocación.
- Curado que se van a emplear en la obra, etc.

(2012, 12. Dosificación del concreto. Revista ARQHYS.com. Obtenido 08, 2016.)

2.3.5. Morteros y hormigones predosificados. Son usados para facilitar el trabajo y ganar tiempo (sobre todo cuando no se dispone del equipo necesario o no se está acostumbrado a realizar este tipo de trabajo), pueden utilizarse sacos de mortero y hormigón predosificados. Con solo incorporar agua al contenido del saco, se obtiene una mezcla homogénea y no se corre el riesgo de equivocarse con la dosificación y, como consecuencia, alterar la calidad del trabajo.

(Leroy Merlin, S. A (2002))

2.3.6. Empaque al vacío. El procedimiento de empacar al vacío consiste en extraer el aire del interior del empaque. Este método de conservación se efectúa con equipos especiales que hacen el vacío y sellan automáticamente el empaque. La inexistencia del oxígeno ocasiona que las bacterias y microorganismos no se puedan reproducir y retarda cualquier proceso de descomposición y mantiene la humedad natural. (Ocampo Velásquez, S. (2014).Atmosfera controladas y empaques al vacio)

2.3.7. Agua. El agua utilizada para el amasado del hormigón en obra no debe contener ningún ingrediente dañino en cantidades tales que afecten a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión. En general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Podrán emplearse aguas de mar o aguas salinas análogas para el amasado de hormigones que no contengan armadura alguna. Salvo estudios especiales, se prohíbe expresamente el empleo de estas aguas para el amasado del hormigón armado o pretensado. (Polanco y Setièn; cementos, morteros y hormigones.)

2.3.8. Agregados. Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras civiles, pues ocupan allí un volumen muy importante. Por ejemplo el volumen de los agregados en el concreto hidráulico es de un 65% a 85%, en el concreto asfáltico es del 92% al 96%, en los pavimentos del 75% al 90%.

Por lo anterior el estudio de sus propiedades físicas y mecánicas cobra especial importancia para su adecuada y eficiente utilización. (Gutiérrez de López, L (2003) El concreto y otros materiales para la construcción.)

Es conveniente definir algunos términos utilizados bien por el ingeniero o bien por el común de la gente:

- Agregado o árido: conjunto de materiales de composición mineral, naturales o artificiales, generalmente inertes, usados en la construcción de obras civiles.
- Agregado grueso o grava: material retenido en el tamiz No. 4, con un tamaño entre 7.6 cm y 4.76 mm.
- Agregado fino o arena: material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Mieras (0.074 mm.).
- Finos: son partículas pasantes del tamiz No. 200 con tamaños entre 0.074 mm y 0.002 mm.
- Sucio de río: término empleado para denominar en su totalidad el material de arrastre de un río sin separación de tamaños, y tal como se puede extraer de un depósito natural.
- Gravilla: material de río o de cantera, separado en la fuente en tamaños pasantes del tamiz 3/4" y retenido en el No.4, con tamaños entre 19.1 mm y 4.76 mm.
- Arenón: arena natural de río o de veta, con tamaños pasantes del tamiz 3/8" y retenidos en el tamiz No.40, es decir con tamaños entre 9.51 mm y 0.420 mm.

- Cascajo: hace referencia exclusivamente al agregado rodado pasante del tamiz 1 1/2" y retenido en el tamiz No.4, con tamaños entre 38.1 mm y 4.76 mm.

(Gutiérrez de López, L (2003) El concreto y otros materiales para la construcción.)

2.3.9. Granulometría. La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por el análisis de los tamices (norma ASTM C 136). El tamaño del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre con aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tienen aberturas que varían desde la malla N° 100 (150 micras) hasta 9.52 mm.

La granulometría y los límites de granulometría, se expresan usualmente como porcentajes de material que pasa cada malla. (Ayala Mejía D.E, 2008 pág. 25.)

Existen varias razones por las que se especifican los límites de granulometría y el tamaño máximo de agregados. La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y de cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, porosidad, etc. Las variaciones de granulometría pueden afectar seriamente a la uniformidad. La arena muy fina a menudo resulta antieconómica. En general, aquellos agregados que no tienen una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y tienen una curva granulométrica suave producirán los resultados más satisfactorios. (Ayala Mejía D.E, 2008 pág. 25.)

2.3.10. Arena. Se llama arena al conjunto de las partículas de rocas silíceas y de otro tipo que se suelen acumular en la costa. Estas partículas disgregadas, que miden de 0,063 a 2 milímetros, reciben el nombre de granos de arena.

Los granos son transportados por el agua y por el viento y, según como se acumulan, pueden formar médanos o dunas. De acuerdo a sus componentes, la arena puede tener distintos colores: desde blanca hasta negra, pasando por diferentes tonos marrones y rojizos. (Pérez Porto Julián, 2015. Definición de arena.)

2.3.11. Construcción. Cuando hablamos de construcción, nos referimos a diversas formas y combinaciones de cómo hacer o crear varios tipos de estructura.

La construcción se dirige hacia el terreno donde la mano de obra se trabaja con aparatos superiores y más integrados; y así dejando atrás la mano de obra tradicional. Además, la construcción actual se complementa o se integra, aún más en la coordinación de las dimensiones, por lo tanto, es por esto que diseñamos las edificaciones y los aparatos se elaboran en una diversidad de patrones estándar, lo que disminuye los errores y las malas edificaciones en la construcción, y así evitamos tener que romper paredes, tapar huecos, etc. Después de hecho. (A. 2012, 12. Que es la construcción. Revista ARQHYS.com. Obtenido 08, 2016.)

2.3.12. Rendimiento de obra. El rendimiento de mano de obra es la inversión de horas/hombre de construcción o por unidad de obra, este se expresa en horas/hombre por unidad de medida.

Cuando se trata de la programación de las actividades, es necesario recurrir al tema de los rendimientos, puesto que la duración de una labor, tarea, trabajo, depende de la rapidez con que esta se realice. Lo ideal sería que todas las actividades de la construcción se hicieran tan rápidamente como se quisiera, pero existen en el hombre limitaciones de tipo físico que obligan a que las cosas se hagan a una velocidad acorde con las capacidades del ser humano. (Arboleda López S.A. (2014). Universidad Nacional de Colombia, Medellín).

2.3.13. Ensayos de Laboratorio. La importancia de los laboratorios tanto en la enseñanza de las ciencias como en la investigación y en la industria es, sin duda alguna, indiscutible. No se puede negar que el trabajo práctico en laboratorio proporciona la experimentación y el descubrimiento y evita el concepto de “resultado correcto” que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros. Sin embargo, el uso de laboratorios requiere de tiempo adicional al de una clase convencional, por ejemplo, para descubrir y aprender de los propios errores. (Belarbi Abdeldjelil, 2006. La importancia de los laboratorios. Construcción y tecnología)

2.3.14. Aditivos. Los aditivos son ingredientes del concreto o mortero que, además del agua, agregados, cemento hidráulico y, en algunos casos, fibra de refuerzo, son adicionados a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.

Se utilizan con el objeto de modificar las propiedades del concreto o mortero, ya sea en estado fresco, durante el fraguado o en estado endurecido, para hacerlo más adecuado según el trabajo o exigencia dada y para que cumpla los requisitos y especificaciones particulares de cada tipo de estructura.

Las características logradas mediante el uso de aditivos, que en muchos casos no se pueden lograr por otros métodos o en forma tan económica, son:

- Mejorar el desempeño de una mezcla de concreto ante determinadas solicitaciones.
- Asegurar la calidad del concreto en condiciones ambientales severas durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado.

(Silva, O.J, Tecnología del concreto: materiales y propiedades, tercera edición. Asocreto.

Páginas: 89-97)

2.3.15. Estudios de mercado. El estudio de mercado es un proceso sistemático de recolección y análisis de datos e información acerca de los clientes, competidores y el mercado. Sus usos incluyen ayudar a crear un plan de negocios, lanzar un nuevo producto o servicio, mejorar productos o servicios existentes y expandirse a nuevos mercados.

El estudio de mercado puede ser utilizado para determinar que porción de la población comprara un producto o servicio, basado en variables como el género, la edad, ubicación y nivel de ingresos.

El estudio de mercado es generalmente primario o secundario. En el estudio secundario, la compañía utiliza información obtenida de otras fuentes que aparecen aplicables a un producto nuevo o existente. Las ventajas del estudio secundario incluyen el hecho de ser relativamente barato y fácilmente accesible. Las desventajas del estudio secundario: a menudo no es específico al área de investigación y los datos utilizados pueden ser tendenciosos y complicados de validar. El estudio de mercado primario implica pruebas como focus, encuestas, investigaciones en terreno, entrevistas u observaciones llevadas a cabo o adaptadas específicamente al producto. (Shujel, 2008.)

2.4. Marco teórico

Todo proyecto de construcción debe regirse a lo estipulado en la norma y hacer cumplir en su totalidad lo que allí se encuentra plasmado, esto llevara a la obtención de resultados más eficientes y de buena calidad; en este reglamento se encuentran estipulados las normas que se deben seguir para desarrollar correctamente cada proceso constructivo, para este estudio de investigación es necesario la realización de pruebas de laboratorio de los materiales a utilizar y de la mezcla en su estado fresco y endurecido lo que arrojará datos de la resistencia del concreto

y del mortero ayudando a clasificar la mejor opción y de esta manera obtener las dosificaciones y observar las características físicas que estas muestras presentan.

2.4.1. Materiales para la elaboración del concreto. A continuación se describirán los materiales a utilizar para la elaboración de la mezcla de concreto y mortero:

2.4.1.1. El cemento. El cemento es un alumino-silicato de calcio resultado del calentamiento a altas temperaturas (más 1000 grados celsius) y posterior molido a polvo fino de una mezcla de piedra caliza y arcilla en proporciones adecuadas. Existen en la corteza terrestre muchos yacimientos donde las rocas naturales tienen ya la composición adecuada para producir cementos de alta calidad, por lo que el proceso se reduce a triturar la piedra natural, hornear a temperatura adecuada y luego moler a polvo ese clinker (gránulos semi aglutinados en forma pétreo) que se forma. Esto explica por qué el Cemento tiene un precio relativamente bajo en el mercado. (Arenas Anbessa, (2016) cemento, concreto y hormigón armado.)

El contacto de ese polvo con agua hace comenzar una lenta reacción química donde se libera cal (hidróxido de calcio) y comienzan a formarse micro cristales alumino-silícicos que forman una trama muy entrelazada que va dando a la mezcla una textura pétreo conocida como fraguado.

El proceso de fraguado tiene la característica de que se va haciendo más lento a medida que avanza, así tenemos que en las primeras 24 horas la mezcla ya ha adquirido alrededor del 25% de

la resistencia final, a los tres días un 65% y a los 28 días sobre el 90%, de ahí continúa el fraguado lentamente hasta completarse a los 30 años (según algunos autores). Por eso es muy común en la práctica esperar 28 o 30 días para poner el cemento "a trabajar". Durante el fraguado el cemento se retrae.

Como en el proceso de fraguado se libera cal (más rápidamente al principio y más lento después) hay que esperar por lo menos 30 días para someter la pieza terminada a trabajos donde la cal (fuertemente alcalina) sea dañina, como pueden ser, pintarla, usarla para albergar peces y otros. (Arenas Anbessa, (2016) cemento, concreto y hormigón armado.)

Proceso de elaboración del cemento portland.

• *Preparación de las materias primas:* La primera etapa en la fabricación del cemento la constituye la extracción, de las canteras, de las materias primas y su mezclado con agua para asegurar su mezcla íntima. Hay una diferencia en el proceso según se utilice piedra caliza o greda, lo cual puede ocurrir, dependiendo de cuál material esté disponible o sea más barato. Ambas sustancias son químicamente iguales (carbonatos de calcio) pero sus propiedades físicas difieren ligeramente. De ahí que también su procesamiento sea ligeramente diferente. (Goldenhorn Simon. Proceso de fabricación del cemento portland).

En el caso de la greda, se la transforma en pequeñas partículas en molinos especiales. Se la mezcla con agua y arcilla, y el barro es filtrado para eliminar toda partícula gruesa, que es

retirada, molida en un molino de bolas y devuelta a la corriente principal. La piedra caliza, una vez sacada de la cantera, es molida finamente y mezclada con arcilla y agua, y el barro resultante pasado por un molino de bolas que vuelve a molerlo.

Desde este momento el proceso es siempre el mismo, así se haya empleado caliza o greda. El barro es llevado a grandes depósitos donde se lo revuelve continuamente. (Goldemhorn Simon. Proceso de fabricación del cemento portland).

- *Formación del clinker.*

Materias Primas. Basándose en la definición que se diera para el Clinker, las materias primas deben contener principalmente calcio y silicio y, en proporciones menores, aluminio y fierro, todos ellos mezclados en proporciones adecuadas. El calcio (CaO) se obtiene de depósitos calcáreos ricos en carbonato de calcio (CaCO₃). Éste, por ser un compuesto muy estable a los agentes atmosféricos, se encuentra a través de toda la corteza terrestre como calizas, depósitos de conchuelas, etc., en yacimientos de leyes muy variadas. El carbonato de calcio cuya fórmula química es CaCO₃, se descompone a altas temperaturas en cal (CaO) y anhídrido carbónico (CO₂). El anhídrido carbónico es un gas que escapa a la atmósfera junto con otros gases provenientes de la combustión. (Empresa Cementos BIO, BIO. Cemento, fabricación y clasificación pag. 6-12)



El silicio, el aluminio y el fierro se pueden obtener de las arcillas o de otros materiales que los contienen, tales como las escorias de altos hornos. También se puede dar el hecho que el mineral calcáreo contenga estos elementos como impurezas, en cantidades tales, que no es necesario utilizar arcillas. Muchas veces no basta con mezclar sólo dos componentes (caliza y arcilla o caliza y escoria de alto horno), sino que es necesario corregir los porcentajes, empleando otros materiales que tienen preferentemente el óxido que se desea corregir. Así, por ejemplo, se puede usar arena silícica (rica en silicio), mineral de hierro, caolín (compuesto de silicio y aluminio).

• *Tratamiento Primario de materias Primas.* Dependiendo de la naturaleza de las materias primas y de las condiciones en que llegan a la planta de cemento, pueden sufrir uno o varios tratamientos primarios como:

- Cribado o harneado: tiene por objeto separar los trozos de mayor tamaño que puedan entorpecer el funcionamiento de los equipos.
- Reducción de tamaño: esta reducción, mediante chancadores, tiene por objeto entregar al molino un material de tamaño apropiado.
- Prehomogeneización: mediante este tratamiento se logra obtener materias primas homogéneas en su estado granular.
- Secado: tiene por objeto reducir la cantidad de agua que contienen las materias primas a límites compatibles con la buena marcha de los equipos.

- Concentración de carbonato: se realiza cuando los materiales calcáreos son de bajo contenido de carbonato. Se emplean sistemas de flotación que permiten separar el carbonato de calcio del resto de los componentes del mineral.

Selección de acuerdo a composición química o características físicas: las materias primas, generalmente, se separan en canchas de acuerdo a sus características físicas, por ejemplo, calizas de alta ley, calizas de baja ley, etc. (Empresa Cementos BIO, BIO. Cemento, fabricación y clasificación pag. 6-12.)

• *Dosificación de materias primas.* Las características y la calidad del Clinker, como se verá más adelante, dependen de los compuestos mineralógicos y éstos dependen del porcentaje en que está presente cada uno de los óxidos antes mencionados.

Para dosificar un crudo (mezcla de materias primas antes de pasar por el horno) será necesario tener en consideración lo siguiente:

- a) Definir el tipo de clinker que se desea obtener.
- b) Conocer las características y cantidades de los otros materiales que se pueden agregar en el proceso, tales como polvos recuperados en el proceso que se reingresan y cenizas de carboncillo.

c) Tener presente que las relaciones de los óxidos condicionan la aptitud de clinkerización en la operación del horno (formación de anillos, formación o destrucción de la costra, exceso de cal libre, etc.). (Empresa Cementos BIO, BIO. Cemento, fabricación y clasificación pag 6-12.)

Estos fenómenos hacen necesario tener en consideración algunas relaciones, como:

Modulo hidráulico:

$$MH = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Modulo del silicato:

$$MS = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Módulo de alúmina:

$$MS = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Estándar de cal:

$$MH = \frac{100CaO}{2,8SiO_2 + 1,18Al_2O_3 + 0,65Fe_2O_3}$$

- *Molienda de crudo.* La molienda de las materias primas tiene por objeto reducir las de tamaño, a un estado pulverulento, para que puedan reaccionar químicamente durante la Clinkerización. Esta se puede hacer en húmedo (vía húmeda) o en seco (vía seca).

Cuando los materiales son desleíbles (que forman barro) o cuando es necesario concentrar el carbonato se utiliza la vía húmeda, que consiste en licuar las materias en grandes estanques circulares provistos de peines giratorios. Después, los materiales pasan a molinos de bolas, de donde se obtiene una pasta fluida que se prensa posteriormente para eliminar parte del agua y se almacena hasta introducirla al horno en forma de nódulos.

Si se utiliza la vía seca, la molienda se hace en molinos de rodillos o de bolas, obteniéndose en ellos un polvo fino de tamaño inferior a 150 micrones. Generalmente los molinos de vía seca están provistos de dispositivos que inyectan aire caliente para secar las materias primas, simultáneamente con la molienda. (Empresa Cementos BIO, BIO. Cemento, fabricación y clasificación pag. 6-12.)

- *Homogeneización.* La homogeneización consiste en mezclar los distintos materiales, a tal punto que en cualquier porción de la mezcla que se tome deben estar presentes los componentes en las proporciones previstas. Cuando se usa la vía húmeda se emplean estanques agitadores mecánicos y cuando se usa la vía seca, se emplean silos donde el crudo se agita mediante la inyección de aire comprimido.

Una buena homogeneización permite corregir las dosificaciones, mantener una operación adecuada del horno y prever la calidad del clinker. Por el contrario, una mala homogeneización

puede dar lugar a clinker de mala calidad, cometer errores en los cambios de dosificación, dificultar la operación del horno e impedir las reacciones químicas de formación de Clinker.

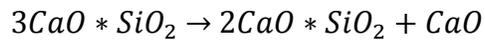
- *Almacenamiento de crudo.* En la industria del cemento, la máquina más delicada y más cara es el horno. Su trabajo a alta temperatura y su revestimiento refractario obliga a una operación continua, debida a los serios riesgos que se corren en cada detención. Por ese motivo, se debe disponer de silos de almacenamiento de crudo, para asegurar una continuidad en el funcionamiento del horno, sin que éste se vea afectado por detenciones del molino de crudo. El número y capacidad de los silos de crudo se diseña para que el horno continúe trabajando por alrededor de 10 días después de detener el molino. (Empresa Cementos BIO, BIO. Cemento, fabricación y clasificación pag. 6-12.)

- *Clinkerización.* La Clinkerización constituye la etapa más importante del proceso de fabricación de Clinker. Los materiales homogeneizados se calientan hasta llegar a la temperatura de fusión incipiente (entre 1.400 a 1.500 °C, parte del material se funde mientras el resto continúa en estado sólido), para que se produzcan las reacciones químicas que dan lugar a la formación de compuestos mineralógicos del clínker.

Para calcinar los materiales se usan hornos rotatorios. Estos son tubos de acero montados sobre polines, revestidos interiormente por ladrillos refractarios, con una inclinación de 3 a 5%, accionados por motores que les permiten girar a una velocidad circunferencial del orden de 10

metros por minuto. Su diámetro (2 a 6 metros) y longitud (50 a 200 metros) dependen de la capacidad de producción. Como combustible, se puede usar petróleo, carbón pulverizado o gas, que se inyecta con aire en la zona más baja, donde se produce la combustión.

- *Enfriamiento del Clinker.* Al salir del horno, el clínker se debe enfriar rápidamente para evitar la descomposición del silicato tricálcico, en silicato bicálcico y cal libre:



El enfriamiento se hace con aire que pasa a través de sistemas de parrilla móvil, o bien, a través de tubos planetarios que giran solidarios al horno. De estos sistemas, el clínker sale con una temperatura inferior a 150 °C. (Empresa Cementos BIO, BIO. Cemento, fabricación y clasificación pag. 6-12.)

- *Molienda del cemento.* Debido a la variedad de tipos de cemento requeridos por el mercado, predominan los sistemas de molienda de última generación equipados con separador dinámico de aire. Los sistemas de molienda más empleados son: molino de bolas en circuito cerrado (el porcentaje de adiciones es bastante limitado, si no son secas o presecadas); el molino vertical de rodillos (mejor adaptado para porcentajes de adición altos, debido a su capacidad de secado, mejor adaptado para la molienda separada de las adiciones) y la prensa de rodillos (el porcentaje de adiciones es bastante limitado, si no son secas o presecadas). (Reyes Bahena J.L,

O. Genc y J. Navarro, (2006), Efecto de la carga circulante de molienda de cementos en los parámetros del modelo matemático)

- *Almacenamiento del cemento.* El producto que completó su etapa de fabricación en el molino de cemento es almacenado en silos de hormigón. Éstos tienen equipos auxiliares adecuados para mantener el cemento en agitación y así evitar la segregación por decantación de los granos gruesos o la aglomeración. En ellos, el cemento puede permanecer por varios meses sin que se afecte su calidad. (Huiñapi Peralta, C. Tecnología de los materiales)

- *Tipos de Cemento Portland.*

Tipo I: El cemento portland tipo I es el normal, usado en la construcción de obras de hormigón en general, viviendas, edificaciones, estructuras etc, se utiliza cuando las especificaciones de construcción, no indican el uso de otro tipo de cemento.

Tipo II: El cemento Portland tipo II tienen una resistencia media a los ataques de sulfatos, con o sin calor moderado de hidratación, se usa en obras de construcción en general y en construcciones expuestas a la acción moderada de los sulfatos, o que requieren un calor de hidratación moderado, cuando así este consignado en las especificaciones de construcción, por lo general es el cemento utilizado en la realización de tuberías de hormigón y puentes. Su precio es muy similar al cemento portland tipo I. (Tomado de Canal Construcción. Cemento Portland usos y tipos).

Tipo III: el Cemento Portland tipo III, alcanza una resistencia inicial alta, su resistencia a la compresión a los 3 días, es igual a la resistencia a la compresión en siete días de los cementos tipos I y II.

Es usado cuando se necesita un hormigón que debe ser desencofrado antes de los 28 días y recibirá cargas muy pronto, como en el caso de los elementos prefabricados o construcciones de emergencia.

Tipo IV: El Cemento Portland tipo IV es usado cuando se necesita un bajo calor de hidratación sin producirse dilataciones durante la etapa de fraguado. El calor desprendido durante la hidratación se produce más lento. Es utilizado en estructuras de hormigón muy grandes, como los diques.

Tipo V: El Cemento Portland tipo V es usa en la construcción de elementos y obras que necesiten una resistencia elevada al ataque concentrado de sulfatos y álcalis, como en las alcantarillas, canales de conducción e infraestructuras portuarias

Los cementos Portland Tipos Ia, IIa y IIIa tienen la misma composición que los tipos I, II y III normales. La única diferencia es que en los tipos Ia, IIa, IIIa, tienen un agente incorporador de aire que se muele en la mezcla. La incorporación de aire debe cumplir con la especificación opcional de mínimo y máximo se encuentra en el manual de la ASTM. Estos tipos sólo están

disponibles en el este de Estados Unidos y Canadá, la incorporación de aire a este tipo de cementos, mejora la resistencia a la congelación cuando hay bajas temperaturas. (Tomado de Canal Construcción. Cemento Portland usos y tipos).

2.4.1.2. Agregados. Llamamos agregado al material granular, el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. También se denominan áridos, inertes o conglomerados; constituyen entre un 70% y 85% del peso de la mezcla y tiene por finalidad disminuir los costos de la mezcla y dotarla de ciertas características favorables dependiendo de la obra que se quiera ejecutar. (Escarza Valdivia, B. (2011) Agregados en la Construcción pág. (1-3).)

- *Clasificación.*

Los agregados presentan diversas clasificaciones, las más comunes se detallan a continuación:

Clasificación según origen: Esta clasificación toma como base la procedencia natural de las rocas y los procesos físico-químicos involucrados en su formación. Divide a los agregados en tres grandes grupos:

- Ígneas: agregados provenientes de rocas ígneas.
- Sedimentarias: agregados provenientes de rocas sedimentarias.
- Metamórficas: agregados provenientes de rocas metamórficas.

Clasificación por composición: Esta clasificación tiene como fundamento la composición químico-mineralógica de cada roca, además de llevar en forma implícita una denominación de origen. Al ser las características químicas y mineralógicas las únicas que intervienen en esta forma de agrupamiento, se tiene el gran inconveniente que implica el no considerar las características físicas del material, tan importantes en la evaluación de los agregados para concreto.

Clasificación por color: Tal vez sea la clasificación más común que existe y la más fácil de generar o utilizar, ya que sólo considera el color del material. (Escarza Valdivia, B. (2011) Agregados en la Construcción pág. (1-3).)

Clasificación por tamaño de partícula: Esta identificación de los materiales se deriva de la condición mínima del concreto convencional de dividir los agregados en dos fracciones principales cuya frontera nominal es la malla N°4 (4.75 mm), obteniendo lo siguiente:

- Agregado fino (0.075mm - 4.75mm): el agregado pasante de la malla N°4 es considerado como fino.
- Agregado grueso (> 4.75mm): el agregado con diámetro mayor a 4.75 mm es considerado grueso.

Clasificación por modo de fragmentación: Esta clasificación de agregados se basa en la forma en que ocurre el proceso de fragmentación de los materiales, los que desde este punto de vista pueden ser:

- Naturales: fragmentados por procesos naturales.
- Manufacturados (triturados): fragmentados por procesos artificiales
- Mixtos: son la combinación de materiales fragmentados tanto por procesos naturales como artificiales. Este tipo de división no valida ninguna característica físico-química del agregado.

Clasificación por peso específico: Esta identificación de agregados se genera a partir de una característica básica del concreto que es su peso unitario, el cual a su vez depende del peso específico de los agregados que se utilizan en su fabricación. La división básica que existe es: Ligero, normal y pesado (Escarza Valdivia, B. (2011) Agregados en la Construcción pág. (1-3).)

2.4.1.3. Agregado fino y grueso.

• *Agregado Fino.* Un agregado fino con partículas de forma redondeada y textura suave ha demostrado que requiere menos agua de mezclado. Se acepta habitualmente, que el agregado fino causa un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso. Los primeros tienen una mayor superficie específica y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la

proporción en que se incluyan éstos. Arenas con un módulo de finura de 3.0 han dado los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad y resistencia a la compresión.

- *Agregado Grueso.* Numerosos estudios han demostrado que para una resistencia a la compresión alta con un elevado contenido de cemento y baja relación agua-cemento el tamaño máximo de agregado debe mantenerse en el mínimo posible (12,7 a 9,5). En principio el incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas. Se ha encontrado que la adherencia a una partícula de 76 mm. Otro aspecto que tiene que ver con el tamaño máximo del agregado es el hecho de que existe una mayor probabilidad de encontrar fisuras o fallas en una partícula de mayor tamaño provocadas por los procesos de explotación de las canteras (dinamitado) y debido a la reducción de tamaño (trituration), lo cual lo convertirá en un material indeseable para su utilización en concreto. (Vizcardo y Trinidad, (2014) Agregados para la construcción (Piedra y Arena).

- *Propiedades.*

Granulometría. La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100(150 micras) hasta 9.52 mm.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. . (Vizcardo y Trinidad, (2014) Agregados para la construcción (Piedra y Arena).

Granulometría de los agregados finos. Depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua \pm cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango de granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia. (Vizcardo y Trinidad, (2014) Agregados para la construcción (Piedra y Arena).

Granulometría de los agregados gruesos. El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para revenimiento de aproximadamente 7.5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso.

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño.

Módulo de fineza. Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material.

Contenido de finos. El contenido de finos o polvo no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de piedras de tamaño menor, sino a la suciedad que presentan los agregados (tamaños inferiores a 0,075 mm).

- *Propiedades físicas.*

a. Densidad: Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción. (Vizcardo y Trinidad, (2014) Agregados para la construcción (Piedra y Arena).

b. Porosidad: Es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

c. **Peso Unitario:** Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos.

d. **Porcentaje de Vacíos:** Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

e. **Humedad:** Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria.

• *Propiedades resistentes*

a. **Resistencia:** La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura, la estructura y composición de las partículas del agregado influyen sobre la resistencia. Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles.

b. **Tenacidad:** Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angulosidad y textura del material. . (Vizcardo y Trinidad, (2014) Agregados para la construcción (Piedra y Arena).

c. Dureza: Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes

d. Módulo de elasticidad: Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones. (Vizcardo y Trinidad, (2014) Agregados para la construcción (Piedra y Arena).

2.4.1.4. Agua. Cuando se habla del uso del agua en la industria de la construcción, los especialistas se refieren siempre a lograr una eficiencia en el uso del agua. La eficiencia con respecto al uso del agua en una obra en construcción tiene que ver con ahorrar al máximo el agua potable y cuando se pueda reemplazar el agua potable por agua reciclada o producto de las lluvias. La eficiencia del agua es vital en la industria de la construcción, ya que el agua es un recurso natural escaso. (Arkiplus (2014). El uso del agua en la construcción.)

El agua es considerada como materia prima para la confección y el curado del hormigón, debe cumplir con determinadas normas de calidad. Las normas para la calidad del agua son variables de país a país, y también pueden tener alguna variación según el tipo de cemento que se quiera mezclar.. Esta deberá ser limpia y fresca hasta donde sea posible y no deberá contener residuos de aceites, ácidos, sulfatos de magnesio, sodio y calcio, sales, limo, materias orgánicas u otras sustancias dañinas y estará asimismo exenta de arcilla, lodo y algas. (Arce Kelly, (2016). Aguas y sustancias agresivas. Aguas aptas para el hormigón.).

2.4.2. Concreto. El concreto es un material compuesto que consiste esencialmente en un medio conglomerante dentro del cual se hallan ahogadas partículas o fragmentos de agregados. En el concreto de cemento hidráulico, el medio conglomerante está formado por una mezcla de concreto hidráulico y agua. El agregado es el material granular, tal como la arena, la grava, la piedra triturada o la escoria de acero de alto horno. El mortero es una mezcla de arena, cemento y agua. En esencia es concreto sin agregado grueso. (Kumar Mehta, 1998).

El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y agua; después, esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso. El cemento y agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida. (Nilson, 2000).

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. (González, 2004, Manual de supervisión de obras de concreto, Págs. 19, 22,29).

Las principales características y propiedades del concreto que pueden ser influidas y modificadas por los diferentes tipos y clases de cemento, son las siguientes:

2.4.2.1. Propiedades principales del concreto fresco. El estado fresco se define como el tiempo que transcurre entre el momento que se puso en contacto el agua con el cemento hasta cuando el hormigón comienza a rigidizarse (fraguado). Muchas de las propiedades exigibles a un hormigón en estado endurecido dependen de las propiedades de éste cuando se encuentra en estado fresco. Las características que debe tener una mezcla fresca dependerán de las características de la estructura a construirse y de los métodos de colocación y compactación disponibles. La falta o la baja calidad de una estructura suele deberse a las malas condiciones de colocación (problemas de segregación, exudación, compactación) que provocan una considerable pérdida de resistencia. Además, en estas condiciones la durabilidad de la estructura se ve afectada cuando el medio al cual está expuesta es suficientemente agresivo. Esto puede suceder a pesar que el comportamiento de la mezcla en el laboratorio fue satisfactorio. (Carrasco Fernanda. Universidad tecnológica nacional. Tecnología del hormigón)

A continuación se describen las principales características del estado fresco:

- *Cohesión y manejabilidad.* La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o segregue).

El grado de manejabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, que la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Así por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado.

- *Factores que afectan la trabajabilidad*

Contenido de agua. El agua de mezclado es el principal factor que afecta la trabajabilidad, por su efecto lubricante. Si el contenido de agua y el resto de las proporciones de la mezcla son fijas, la trabajabilidad está gobernada por el tamaño máximo del agregado grueso, su granulometría, su forma y textura. En las obras donde el control no es muy bueno es común la incorporación de una cantidad adicional de agua para disminuir el esfuerzo de colocación. Este procedimiento inadecuado altera la relación a/c de la mezcla, provocando una disminución de la resistencia y de la durabilidad de la estructura. El contenido de agua será el mínimo necesario para obtener la consistencia adecuada. (Carrasco Fernanda. Universidad tecnológica nacional. Tecnología del hormigón).

Fluidez de la pasta. Para una cantidad de pasta y agregados, la plasticidad de la mezcla dependerá de las cantidades relativas de agua y cemento en la pasta. Una pasta con poca agua y mucho cemento será muy rígida, no podrá admitir la adición de los agregados sin llegar a ser enteramente manejable. Por el contrario, si el contenido de agua es alto y del cemento es bajo, la pasta puede llegar a ser tan fluida que no es capaz de impedir la segregación de los agregados (especialmente de los tamaños gruesos); los sólidos más pesados se asentarán y el agua se acumulará en la superficie de la mezcla produciendo el fenómeno conocido como exudación.

Agregados. Al aumentar la superficie específica del agregado fino es necesario un mayor contenido de agua para mantener la trabajabilidad, siendo entonces las características de la arena fundamentales en la determinación del contenido de agua. En los métodos de dosificación, a

medida que se reduce el módulo de finura de la arena se incrementa el volumen de agregado grueso con el fin de mantener constante la superficie específica de los agregados totales y en consecuencia el contenido de agua no varía. (Carrasco Fernanda. Universidad tecnológica nacional. Tecnología del hormigón)

Contenido de aire. Durante las operaciones de dosificación y mezcla del concreto es introducido un volumen de aire variable en cantidad, tamaño y forma de burbujas, denominado generalmente como “aire atrapado”; si estas burbujas permanecen dentro del concreto ocupando un porcentaje considerable del volumen, se obtiene un descenso importante en la resistencia potencial de la mezcla y en su durabilidad; de allí que no deba ahorrarse esfuerzo para lograr una adecuada compactación del concreto. (Carrasco Fernanda. Universidad tecnológica nacional. Tecnología del hormigón).

Pérdida de revenimiento. Este es un término que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, o aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia (o revenimiento) original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar de colado, todos los cuales son aspectos que configuran las condiciones de trabajo en obra.

El revenimiento consiste en medir el hundimiento que sufre un tronco de cono de concreto fresco al retirarle el apoyo; para hacer esta prueba se usa un molde metálico, cuyas medidas son 30 cm de altura, 10 cm en su base superior y 20 cm en su base de apoyo (llamado cono de Abrams). (A. 2012, 12. Revenimiento del cemento. Revista ARQHYS.com. Obtenido 08, 2016).

- *Asentamiento y sangrado.* En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro del espacio cimbrado, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. Esta circunstancia resulta particularmente inconveniente en el caso de pavimentos de concreto y de algunas estructuras hidráulicas cuya capa superior debe ser apta para resistir los efectos de la abrasión mecánica e hidráulica. (Fundación ICA, (2000). Concreto).

Los principales factores que influyen en el asentamiento y el sangrado del concreto son de orden intrínseco, y se relacionan con exceso de fluidez en las mezclas, características deficientes de forma, textura superficial y granulometría en los agregados (particularmente falta de finos en la arena) y reducido consumo unitario y/o baja finura en el cementante. Consecuentemente, las medidas aplicables para moderar el asentamiento y el sangrado consisten en inhibir la presencia de dichos factores, para lo cual es pertinente:

1) Emplear mezclas de concreto con la consistencia menos fluida que pueda colocarse satisfactoriamente en la estructura, y que posea el menor contenido unitario de agua que sea posible, inclusive utilizando aditivos reductores de agua si es necesario.

2) Utilizar agregados con buena forma y textura superficial y con adecuada composición granulométrica; en especial, con un contenido de finos en la arena que cumpla especificaciones en la materia.

3) Ensayar el uso de un aditivo inclusor de aire, particularmente cuando no sea factible cumplir con la medida anterior.

4) Incrementar el consumo unitario de cemento y/o utilizar un cemento de mayor finura, como el portland tipo III o el portland-puzolana. En relación con esta última medida, es un hecho bien conocido la manera como se reduce la velocidad de sangrado de la pasta al aumentar la superficie específica del cemento. (Fundación ICA, (2000). Concreto).

• *Tiempo de fraguado.* Se define como el inicio de la solidificación de una mezcla de concreto fresco. El tiempo de fraguado es una manifestación física de las reacciones progresivas de hidratación del cemento.

Se divide generalmente en dos:

- Tiempo de fraguado inicial: que pasa desde el momento de la adición de agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica.
- Tiempo de fraguado final: requerido para que la pasta adquiriera un cierto grado de endurecimiento.

El primero define el límite del manejo. El segundo define el comienzo del desarrollo de resistencia mecánica. Los fraguados inicial y final son definidos como los tiempos en los cuales la resistencia a la penetración es de 35 kg/cm² y 280 kg/cm² respectivamente.

Los principales factores que controlan el tiempo de fraguado son:

- La composición del cemento
- La relación agua/cemento
- La temperatura
- Los aditivos

(Tarelo Barba, H.C, Propiedades del concreto)

2.4.2.2. Propiedades del Concreto Endurecido. Las propiedades mecánicas del concreto están gobernadas por la resistencia de la pasta endurecida, los agregados y la interface pasta-

agregados, las cuales a su vez son modificadas por procesos de colocación y condiciones de curado. Dependiendo de las propiedades de sus componentes y de la interacción entre ellos, el concreto es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. Dentro de las muchas propiedades que posee el concreto se puede mencionar: la masa unitaria, las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, acústicas, y su apariencia entre otras.

- *Resistencia.* Es la habilidad de resistir esfuerzos de compresión, tracción, flexión y corte. El concreto presenta alta resistencia a los esfuerzos de compresión y poca resistencia a los esfuerzos de tracción, por lo tanto, es la resistencia a la compresión simple la característica de mayor importancia. De acuerdo a la resistencia, los concretos se clasifican en: Concretos de resistencia normal, no superior a los 42 MPa; concreto de alta resistencia, entre los 42 y los 100 MPa; y el concreto de ultra alta resistencia, ubicado en valores superiores a los 100 MPa. Todos valores medidos a los 28 días de vida del concreto. La resistencia de un concreto preparado se ve afectado por los siguientes factores:

- *La relación agua/cemento.* Se describe como la cantidad de agua en masa, sin incluir el agua absorbida por los agregados, sobre la cantidad de cemento en masa. A mayor cantidad de agua, menor será la resistencia del cemento, dicha propiedad fue demostrada por Duff Abrams en el año 1918. (Grillo Javier Wilson. Relación flexión compresión hormigón).

- *Contenido y tipo de cemento.* Debido a que el cemento es el material químicamente activo de la mezcla, presenta una gran influencia en la resistencia que finalmente alcanzará el concreto. La cantidad de cemento utilizado influye en el comportamiento del concreto, de esta manera, una mayor cantidad de cemento genera una mayor resistencia, solo hasta cierto límite, después del cual, el cemento no logra hidratarse correctamente pasando a formar una parte inerte del concreto.

- *Características de los agregados.* Como se mencionó anteriormente, los agregados y sus características influyen en el comportamiento del concreto. (Grillo Javier Wilson. Relación flexión compresión hormigón).

- *Curado del concreto.* Es la prevención del secado prematuro del concreto, bajo un nivel de temperatura favorable por un periodo específico. Éste periodo debe ser no menor a 7 días a una cierta temperatura mínima de 10°C y máximo de 32°C. En concretos acelerados el tiempo puede reducirse a 3 días.

- *Edad del concreto.* Los concretos convencionales alcanzan su resistencia de diseño a los 28 días. Los de alta resistencia, se especifica un periodo entre 56 a 90 días. . (Grillo Javier Wilson. Relación flexión compresión hormigón)

A continuación se considera particularmente las diferentes fuerzas a las que se somete un concreto:

- *Resistencia a la compresión.* Para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el criterio de calidad. La medida de la resistencia a la compresión se efectúa por medio de ensayos normalizados. En Colombia, se utilizan los procedimientos de las normas NTC 550 y NTC 673 en donde se encuentran descritos métodos de elaboración y ensayo de los especímenes. La resistencia a la compresión se mide con una prensa, que aplica carga sobre la superficie superior de un cilindro a una velocidad especificada mientras ocurre la falla. La carga a la cual falla el cilindro queda registrada, y este valor se divide por el área de la sección transversal del cilindro obteniéndose así el esfuerzo de rotura del concreto. Se toma como estándar, la resistencia máxima a la compresión a los 28 días. Estos cilindros, son muestras tomadas del concreto en campo, y el procedimiento de elaboración de los mismos está especificado en la norma técnica NTC 550. (Grillo Javier Wilson. Relación flexión compresión hormigón).

- *Resistencia a la tracción.* El concreto es por naturaleza débil a los esfuerzos de tracción, por lo tanto no es tenida en cuenta en el diseño de estructuras normales. La tracción tiene relación con el agrietamiento del concreto. La resistencia a la tracción se mide con un método denominado tracción indirecta, desarrollado en Brasil y descrito en la norma técnica NTC 722.

- *Resistencia a la flexión.* Los elementos sometidos a flexión tienen una zona sometida a compresión y otra región en que predominan los esfuerzos de tracción. Éste efecto es importante en estructuras de concreto simple, como las losas de pavimentos. La resistencia a la flexión del concreto se refiere a menudo al módulo de rotura. Comúnmente, se evalúa por medio de ensayos de flexión sobre vigas de sección cuadrada de 15 cm de lado y 50 cm de longitud. Las normas ASTM C 239 y NTC 2871 describen el procedimiento para realizar el ensayo sobre concretos convencionales cargando las vigas en uno y dos puntos, respectivamente y la norma ASTM C 1018 describe el método para concretos reforzados con fibras.

- *Masa unitaria.* La masa unitaria del concreto depende en gran parte de la masa unitaria de los agregados. La masa unitaria del concreto endurecido es igual a la masa del concreto recién mezclado, menos el agua evaporable. En el concreto endurecido, la masa unitaria puede determinarse por medio de métodos nucleares tales como los descritos en la norma ASTM C 1040, y están basados en transmisión directa e indirecta de rayos gama. (Grillo Javier Wilson. Relación flexión compresión hormigón)

2.4.3. Mortero. El mortero, nombre que recibe la combinación dosificada principalmente de cemento, agua y arena; al que se le puede considerar como un material de construcción de larga y continua tradición, pues el desarrollo de su industria se inicia paralelamente con el descubrimiento del cemento Portland, siendo la función de conglomerante su principal aplicación, además se define como una mezcla natural o artificial de elementos cuyas características constructivas fundamentales sea inicialmente su plasticidad, que permite cierta

trabajabilidad y moldeo según el requerimiento, y que posteriormente evidencie ganancia de elasticidad mientras endurece, acción que proporcionará un grado de resistencia mecánica (compresión); factores que lo hacen útil como material de construcción; generalmente estas mezclas deben ser inorgánicas y deben estar formados por: material árido, aglomerante y aditivos (según su finalidad). (Salamanca Correa, Rodrigo. (2001) La tecnología de los morteros.)

- Funciones Estructurales:

Constituyen el MATERIAL DE BASE para la construcción de muros, paredes, cubiertas.

Constituyen el MATERIAL DE UNIÓN durante el asentamiento de las unidades de albañilería.

Se adhieren a los amarres metálicos, juntas y pernos anclados, de manera que los hace actuar conjuntamente.

- Funciones Decorativas:

Constituye el material de revestimiento, es decir, el pulimento de la obra.

Protege los elementos constructivos de la acción de la intemperie.

Se les denomina “Superficie de Sacrificio” o “La piel de los edificios”.

- *Componentes de los morteros.* La descripción de los componentes se realiza desde un punto de vista volumétrico, destacando principalmente tres: Aglomerante (cemento), arena y agua; y un cuarto de poca presencia volumétrica.

Agglomerante. También llamado Ligante, corresponde al cemento, especialmente al cemento Portland, este componente confiere al mortero sus principales propiedades de acuerdo a la naturaleza de este, en los que destacan:

La Finura del Molido: influencia directamente en la resistencia a la compresión del mortero, esencialmente en las resistencias iniciales.

La Dosificación en Cemento: condiciona la relación agua/cemento, parámetro que determina la resistencia a la compresión del mortero de manera inversa. (Salamanca Correa, Rodrigo. (2001) La tecnología de los morteros.)

Agua. Desempeña un papel importante (relación agua/cemento), durante el amasado del mortero como también en el curado en obra, su cantidad debe ser suficiente para la hidratación del cemento y mojado de la arena, sin conducir a un exceso, no debe contar con agentes dañinos que afecten las propiedades del mortero a armadura (corrosión), Sino hay antecedentes de esta, deberá ser analizado o justificado su uso, en todo caso serán rechazadas las que no cumplan con

las especificaciones técnicas. Existen casos en donde se añade alcohol al agua para disminuir su punto de congelación.

Arena. Los requisitos para su uso en morteros están determinados de acuerdo a su granulometría, forma, propiedades físicas y químicas. Por ejemplo la ASTM C144 establece un tamaño máximo de 4.75mm para los áridos de uso en morteros. Con respecto a los requisitos físicos se tendrá en cuenta la densidad de las partículas, el % de absorción, la resistencia al hielo y deshielo; mientras que en los requisitos químicos se considera el contenido de cloruros, sulfatos y componentes que alteran la velocidad de fraguado, endurecimiento de mortero, y la acción del contenido álcali – sílice en su durabilidad. (Salamanca Correa, Rodrigo. (2001) La tecnología de los morteros.)

Aditivos. Son aquellas sustancias orgánicas e inorgánicas que se añaden en el amasado, o se encuentran ya adicionados en el cemento, con la finalidad de unificar o generar ciertas características en la mezcla, tanto en el estado fresco o endurecido; su cantidad no deberá ser mayor al 5% en masa respecto al contenido de cemento; entre sus funciones más comunes tenemos:

- Facilitar el fraguado del aglomerante por absorción de agua.
- Retardar el fraguado del aglomerante al reducir agua.
- Aumentar la capacidad impermeable del mortero.
- Permitir el fraguado en ambientes húmedos o bajo el agua.

- Mantener la humedad en el estado fresco durante más tiempo.
- Reforzar el mortero y ejercer una acción consolidante.
- Puramente estético (pigmento).

2.4.3.1. Clasificación de los morteros de cemento. Según la Norma ASTM C 270, los morteros se clasifican de acuerdo a sus propiedades o sus proporciones, considerando que toda especificación se realizará solo por una de ellas, nunca ambas. (Salamanca Correa, Rodrigo. (2001) La tecnología de los morteros.)

- *Clasificación por Propiedades.* Referidas a la resistencia a la compresión, retención de agua, contenido de aire; son usados para efectos de diseño en base a pruebas realizadas en laboratorios y no para mezclados en obra.

- *Clasificación por Proporciones.* Se fundamenta en el conocimiento previo de los pesos Unitarios de los materiales que componen el mortero, y de la proporción volumétrica de estos respecto al volumen contenido de cemento. (Salamanca Correa, Rodrigo. (2001) La tecnología de los morteros.)

- *Características según su clasificación:*

Características del Mortero Tipo “M”:

- Es un mortero de alta resistencia a la compresión.
- Brinda mayor durabilidad en comparación de los otros tipos de morteros.
- Uso destinado a mampostería sometida a grandes fuerzas de compresión, acompañadas de congelamiento, grandes cargas laterales de tierra, vientos fuertes y temblores.

Se recomienda su uso en estructuras en contacto con el suelo, cimentaciones, muros de contención, etc. (Salamanca Correa, Rodrigo. (2001) La tecnología de los morteros.)

Características del Mortero Tipo “S”:

- Posee mayor adherencia que otros morteros.
- Uso en estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que a la vez requieran alta adherencia.
- Debe usarse en casos donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como el revestimiento de cerámicos.

Características del Mortero Tipo “N”:

- Es un mortero de propósito general y es utilizado en estructuras sobre el nivel del suelo.

- Es bueno en enchapes, paredes internas y divisiones.
- Representa la mejor combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía.
- Las mezclas de este tipo alcanzan una resistencia a la compresión cerca de 125kg/cm^2
- Debe tenerse en cuenta que la mano de obra y los elementos de albañilería afectan esta resistencia.

Características del Mortero Tipo “O”:

- Son morteros de baja resistencia y alto contenido de cal.
- Son usados en construcción de vivienda de uno o dos pisos.
- Es preferido por los albañiles por su alta trabajabilidad y bajo costo.

(Salamanca Correa, Rodrigo. (2001) La tecnología de los morteros.)

2.4.3.2. Propiedades. Las propiedades más importantes a tener en cuenta de los morteros en estado fresco y en estado endurecido son las siguientes:

- *Trabajabilidad.* La trabajabilidad es una condición muy importante que debe cumplir un mortero, dado que en la mayoría de sus usos, debe ser colocado en su destino en forma manual o con equipos diseñados para proyectar el mortero a través de aire comprimido o medios mecánicos. El mortero debe ser lo suficientemente manejable, de acuerdo a su aplicación, de lo contrario es imposible colocarlo.

La cal es un excelente aglutinante desde el punto de vista de la trabajabilidad, otorgándole al mortero adecuada plasticidad, dependiendo de la calidad de la misma y de las proporciones arena-cal-agua.

El cemento como único aglutinante de un mortero, en pequeñas cantidades le confiere a este muy poca plasticidad, por lo que no se usa. En proporciones importantes se logra aceptable trabajabilidad y da adecuados resultados de resistencia mecánica e impermeabilidad, pero deben tomarse especiales cuidados porque en el proceso de fraguado y endurecimiento produce importantes variaciones volumétricas, ocasionando fisuración. (López Zigarán. Apuntes de ensayos de materiales).

- *Manejabilidad.* Especialmente importante en morteros de relleno de celdas. Depende principalmente del contenido de agua, del uso de aditivos, de la forma y textura de los agregados y de la finura del cemento. Se evalúa mediante ensayo de mesa de flujo o método del cono de penetración.

- *Retención de agua.* Debe ser alta, para evitar agrietamientos y pérdida de resistencias. Se logra con el uso de la cal o aditivos.

- *Retracción de secado*. Es alta en morteros (alto contenido de pasta) y por tanto debe tratar de disminuirse. Se recomienda emplear bajos contenidos de cemento, bajo contenido de finos y en lo posible cementos adicionados. Debe ser curado tan rigurosamente como el hormigón. (López Zigarán. Apuntes de ensayos de materiales).

2.5. Marco Legal

2.5.1. Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. La presente investigación se acoge a la determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50mm o 50,8 mm de lado presente en la NTC 220, NTC 673 que determina la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, NTC 504 refrentado de especímenes cilíndricos de concreto, NTC 111 Método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico. NTC 174 Especificaciones de los agregados para concreto, que establece los requisitos de gradación y calidad de los agregados finos y gruesos. NTC 5784 Método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico. NTC 550 Elaboración y curado de especímenes en obra.

2.5.2. Instituto Nacional de Vías (Invias). Además de las normas anteriormente mencionadas y con el fin de realizar los estudios pertinentes que aseguren la confiabilidad de la mezcla que se busca elaborar en este proyecto de investigación es necesario la implementación de la normatividad vigente en cada ensayo de laboratorio que se realice, para esta investigación

se seguirá lo estipulado en la norma de Invias, la cual muestra paso a paso lo que se debe hacer en cada ensayo.

Inicialmente se le deben realizar los ensayos necesarios a cada material (agregado fino, agregado grueso y cemento) para determinar las propiedades físicas y mecánicas necesarias para elaborar el diseño de mezclas. A continuación se muestran las normas que servirán de guía para realizar cada uno de ellos según el material.

Agregado grueso y fino

- Contenido de humedad (INV 122-07)
- Peso unitario de los agregados compactados o sueltos (INV 217-07)
- Gravedad específica y absorción (INV 223-07) para agregado grueso y (INV 222-07) para agregado fino.
- Análisis Granulométrico por tamizado (INV 123-07)
- Resistencia al desgaste de agregado grueso (INV 218-07)
- Contenido de materia orgánica de agregado fino (INV 212-07)

Cemento hidráulico.

- Densidad del cemento hidráulico (INV 307-07)

Después se realizar estos ensayos de laboratorio y elaborar el diseño de mezclas, se debe hacer el ensayo para el concreto en estado plástico, el cual recibe el nombre de asentamiento del concreto para este se seguirá con lo estipulado en la norma de Invias (INV 404 -07).

El siguiente paso es la elaboración de los cilindros de concreto y los cubos de mortero los cuales también cuentan con una normatividad vigente, esta se debe seguir paso a paso para no incurrir en fallas al momento de la elaboración de los mismos. Los cilindros de concreto se hacen según la norma INV 402-07 y los cubos de mortero se realizan según lo estipulado en la norma INV 323 -07. Cabe mencionar que estas normas también describen la manera como se debe realizar el proceso de curado de las probetas después de desencofradas.

Por último se hace mención a las normas utilizadas para realizar los ensayos para el concreto y el mortero en estado endurecido, la cual se refiere al ensayo de resistencia a la compresión. La norma que se empleara para este ensayo en los cilindros de concreto es INV 410-07, esta describe paso a paso la manera correcta para la realización de este y para los cubos de mortero se implementara los estipulado en la norma de Invias (INV 323 – 07).

Capítulo III. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

Durante este proyecto se utilizará la investigación experimental, que según el autor (Fidias G. Arias (2012)), define: La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

En cuanto al nivel, la investigación experimental es netamente explicativa, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto. (pag.34)

Este tipo de investigación nos permitirá hacer un estudio de los datos obtenidos mediante los diferentes ensayos de laboratorio que se le realizaran a la mezcla predosificada, estos se llevaran a cabo en el laboratorio de suelos y de resistencia de materiales en la sede de Invias de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña durante el desarrollo del proyecto.

Además se utilizara la investigación correlacional, la cual se define como un tipo de investigación social que tiene como objetivo medir el grado de relación que existe entre dos o

más conceptos o variables, en un contexto en particular. En ocasiones solo se realiza la relación entre dos variables, pero frecuentemente se ubican en el estudio relaciones entre tres variables. (Hernández Sampier, R. Metodología de la Investigación. Editorial Felix Varela, La Habana. (2004)).

Esta investigación será de gran importancia para relacionar variables como ensayos de laboratorio, diseños de mezclas y resistencia a la compresión las cuales son fundamentales para el estudio que se llevara a cabo, con la ejecución de los ensayos de laboratorio se busca conocer las características físicas y mecánicas de los materiales las cuales se ven directamente ligados con el diseño de mezclas y a su vez se determinara la resistencia indicada para cada dosificación.

Adicional a estas se empleará la investigación científica aplicada, definida como el proceso que busca convertir el conocimiento puro, es decir teórico, en conocimiento práctico y útil para la vida de la civilización humana. (El pensante (abril 7, 2016). La investigación aplicada, qué es y en qué consiste. Bogotá: E-Cultura Group.)

Este tipo de investigación generara beneficios en las obras de construcción del municipio de Ocaña, Norte de Santander ya que al emplear estas mezclas se brindaran soluciones a las problemáticas presentes con respecto al almacenamiento, costos y transporte de los materiales.

3.2. Población

La población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio. Según Tamayo y Tamayo, (1997), "La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación"(P.114)

Para la ejecución del proyecto se tomara como población tres obras de construcción presentes en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

3.3. Muestra

La muestra es la que puede determinar la problemática ya que es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso. Según Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997), afirma que la muestra "es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico" (p.38)

Para este proyecto la muestra será finita ya que se tomará un número representativo de maestros de obra y de ingenieros civiles, a los cuales se les realizara una encuesta para estudiar las problemáticas relacionadas con las mezclas de concreto y mortero; además de esto conocer opinión con respecto a las mezclas predosificadas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información

La información necesaria para darle cumplimiento a los objetivos específicos se muestra a continuación. (Ver tabla 1)

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección de información

OBJETIVOS ESPECIFICOS	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION.
<p>Elaborar el diseño de las mezclas para las diferentes dosificaciones de estudio en cuanto a morteros y concretos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los materiales que se utilizaran para la elaboración del diseño de mezclas se obtendrán del Rio Tarrita. • Para los ensayos de laboratorio se seguirán los parámetros descritos en la norma de Invias. • Se realizaran los ensayos de laboratorio pertinentes y a su vez los respectivos cálculos para determinar las características físicas y mecánicas. • Investigar sobre los métodos utilizados para la elaboración del diseño de mezclas

Realizar las pruebas de calidad y resistencia a la compresión a las probetas de concreto y mortero tomados de la mezcla predosificada y premezclada al vacío para garantizar que cumpla con la resistencia indicada en el diseño de mezclas.

- Para el cumplimiento de este objetivo se tomará como instrumento de recolección de información los datos obtenidos por la máquina universal durante el ensayo de compresión.

Elaborar una tabla de la cantidad exacta de agua que se le debe adicionar a las mezclas en estudio para un mejor rendimiento y comportamiento de la misma en obra.

- Se utilizará información obtenida en el diseño de mezclas para indicar la cantidad de agua exacta.

Desarrollar la evaluación financiera que permita conocer la viabilidad económica al adquirir la mezcla objeto de estudio Vs comprar cada material por separado.

- Se realizarán encuestas a maestros de obras e ingenieros civiles.
- Se recolectará información sobre los precios de los materiales en el mercado.
- Teniendo en cuenta la información de la evaluación financiera se analizarán los datos y se determinará la viabilidad del proyecto.

3.5. Análisis de la información

El propósito del análisis es resumir las observaciones llevadas a cabo de forma tal que proporcionen respuesta a los interrogantes de la investigación. La interpretación, más que una operación distinta, es un aspecto especial del análisis su objetivo es "buscar un significado más amplio a las respuestas mediante su trabazón con otros conocimientos disponibles (Selltiz, 1970).

Se tomaran como fuente primaria la recolección de la información obtenida de los ensayos de laboratorio que se realizarán a los materiales y a la mezcla predosificada; además de libros, internet y documentos. A cada ítem expuesto en la recolección de información se le realiza el respectivo análisis con el fin de llevar un control que contribuya en el adecuado desarrollo del proyecto.

Los resultados obtenidos en el proyecto de investigación se mostraran por fases, las cuales se describen a continuación:

3.5.1. Fase I: Metodología experimental. En el desarrollo de esta fase se describirán todos los ensayos de laboratorio que se le deben realizar a los materiales, mencionando en cada uno de ellos el procedimiento que se debe seguir y la norma a emplear; además de esto se mencionara el procedimiento para los ensayos que se le realizan a las mezclas de concreto y mortero en estado fresco y en estado endurecido.

3.5.2. Fase II: Análisis de resultados. En esta fase se mostrarán los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los materiales (agregado grueso, agregado fino y cemento) y se realizara un análisis de cada uno de ellos, esto con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas; estos datos serán fundamentales para la elaboración de los diseños de mezclas de concreto y mortero.

3.5.3. Fase III: Diseño de mezclas. En el desarrollo de la tercera fase se cumplirá lo descrito en el primer objetivo específico, el cual consiste en elaborar el diseño de mezclas para las diferentes dosificaciones ya que se tomaron como objeto de estudio resistencias de 3500 psi, 3000 psi y 2500 psi para el concreto y 140 Kg/cm², 125 Kg/cm² y 75 Kg/cm² para mortero. Los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio que se realizaran a los materiales son de vital importancia para la elaboración del diseño.

3.5.4. Fase IV: Resultados y análisis de ensayos de compresión. Teniendo en cuenta las dosificaciones obtenidas para cada mezcla se elaboran probetas con el fin de conocer la resistencia alcanzada por estas, con el desarrollo de esta fase se brindara el cumplimiento del segundo objetivo específico y se conocen los datos de las resistencias de cada una de las mezclas, estos ensayos se realizaran cada mes por un periodo de tres meses esto con el fin de conocer y analizar el comportamiento de las mezclas.

3.5.5. Fase V: Tabla de la cantidad exacta de agua. Al llevar a cabo esta fase del proyecto se cumplirá con lo estipulado en el tercer objetivo específico, el cual consiste en elaborar una tabla que contenga la cantidad exacta de agua que se le debe adicionar a una proporción indicada de mezcla que cumpla una resistencia en específico, esto con el fin de obtener un mejor rendimiento y comportamiento de la mezcla.

3.5.6. Fase VI: Evaluación financiera. En el desarrollo de esta fase se estará llevando a cabo el cumplimiento del cuarto objetivo específico, la evaluación financiera se realizara con el fin de conocer la viabilidad económica al implementar estas mezclas predosificadas en el mercado haciendo una comparación con las mezclas convencionales, para esto se deberá recolectar la información necesaria sobre los precios de los materiales, mano de obra y equipo los cuales serán de vital importancia para la elaboración de la comparación de los costos.

Capítulo IV. Administración del proyecto

4.1. Recursos humanos

La presente investigación será realizada por los estudiantes: **SERGIO ANDRES GUERRERO ACOSTA** y **YESSICA MARCELA PRADO VILLAMIZAR**, estudiantes de ingeniería civil. Dirigido por el especialista **PEDRO NEL ANGARITA USCATEGUI** docente de la UFPSO.

4.2. Recursos institucionales

- Laboratorio de Suelos y resistencia de materiales, programa de ingeniera Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña
- Cantera Provias E.A.T
- Biblioteca Argemiro Bayona Portillo

4.3. Recursos Financieros

Los gastos para la ejecución del proyecto serán cubiertos por los mismos autores, estos se muestran en la tabla N° 2.

Tabla 2.*Presupuesto de gastos en el desarrollo del proyecto de investigación*

Concepto	Ítem	Egresos	Ingresos
Materiales	Cemento	\$ 100.000	
	Arena	\$ 60.000	
	Triturado	\$ 120.000	
	Empaques al vacío	\$ 50.000	
Viáticos		\$ 250.000	
Papelería	Impresión	\$ 100.000	
	Fotocopias	\$ 100.000	
Otros		\$ 300.000	
Total		\$ 1.080.000	
Imprevistos 5%		\$ 54.000	
Valor total		\$ 1.134.000	
Autores			\$ 1.134.000

Fuente: Autores del proyecto

Capítulo V. Descripción y análisis de resultados

Como se ha mencionado anteriormente las mezclas de concreto y mortero son de vital importancia en el área de la construcción, es por esta razón que se ve necesario buscar alternativas que brinden beneficios a los proyectos de ingeniería en cuanto a los tiempos de ejecución de algunas actividades, el almacenamiento de los materiales utilizados para dichas mezclas, entre otros.

A modo de solución se desean elaborar mezclas predosificadas de concreto y mortero, para lo cual se procedió a realizar el diseño de cada una de las mezclas; inicialmente se realizaron ensayos de laboratorio para cada uno de los materiales a utilizar con el fin de que estos se encuentren sujetos a lo estipulado en las normas.

A continuación se describen los ensayos que se realizaron y las normas empleadas para cada material:

Agregado grueso.

- Contenido de humedad (INV 122-07)
- Peso unitario de los agregados compactados o sueltos (INV 217-07)
- Gravedad específica y absorción (INV 223-07)
- Análisis Granulométrico por tamizado (INV 123-07)
- Resistencia al desgaste (INV 218-07)

Agregado fino.

- Contenido de humedad (INV 122-07)
- Peso unitario de los agregados compactados o sueltos (INV 217-07)
- Gravedad específica y absorción (INV 222-07)
- Análisis Granulométrico por tamizado (INV 123-07)
- Contenido de materia orgánica (INV 212-07)

Cemento hidráulico.

- Densidad del cemento hidráulico (INV 307-07)

5.1. Metodología experimental

Para dar inicio a esta fase del proyecto se procedieron a realizar los ensayos de laboratorio con el fin de conocer las características físicas y mecánicas de los agregados gruesos, agregados finos y el cemento, los cuales se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña sede Invias. A continuación se describe cada uno de los ensayos realizados para cada material.

5.1.1. Ensayos realizados a los materiales. A continuación se enumeran los ensayos de laboratorio que se le realizaron a los materiales con el fin de conocer sus propiedades, los cuales eran de vital importancia para el diseño de mezclas.

5.1.1.1. Contenido de humedad para agregado grueso y fino. Para la realización de este ensayo se siguió lo estipulado en la norma de Invias (INV 122-07), este consiste en determinar el porcentaje de agua presente en el material para lo cual se siguió el siguiente proceso:

Se toma un recipiente, se pesa y se agrega la cantidad de muestra húmeda representativa según los requerimientos de la norma, como se puede apreciar en la figura 1 seguido de esto se debe tomar el peso del recipiente con la muestra y se lleva al horno por un tiempo de 24 horas, después de transcurrido este tiempo se saca del horno y se deja enfriar para proceder a tomar el peso del material seco; con el fin de obtener datos con mayor precisión se tomaron 3 muestras del material.



Figura 1. Determinación del contenido de humedad para agregados.

Cabe mencionar que para cada agregado (fino y grueso) se sigue el mismo procedimiento, teniendo en cuenta que la muestra que se toma para cada uno de ellos es diferente.

Para el cálculo del contenido de humedad se utiliza la siguiente expresión:

$$\%H = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100$$

Dónde:

%H= Contenido de humedad, en %

Wh= Peso húmedo de la muestra, en gr

Ws= Peso seco de la muestra, en gr

5.1.1.2. Peso unitario de los agregados compactados o sueltos. Para la realización de este ensayo se siguió lo estipulado en la norma de Invias (INV 217-07), la cual tiene por objeto determinar el peso unitario para agregados finos y gruesos, a continuación se describirá el procedimiento empleado:

- **Masa unitaria suelta para agregado fino y grueso.** Se toma una muestra representativa por el método del cuarteo, se introduce la muestra en un molde cilíndrico de dimensiones y peso conocido dejándola caer de una altura no mayor a 2” (50mm) por encima del borde hasta llenarlo totalmente. Después de esto se procede a enrasar el molde con una regla y se determina la masa

(Ver figura 2). Cabe resaltar que para una mayor exactitud en la determinación del cálculo de la masa unitaria se realizó el mismo procedimiento tres veces.



Figura 2. Ensayo de masa unitaria suelta.

El valor de la masa unitaria suelta se obtiene de la relación del peso del agregado sobre el volumen del molde.

- **Masa unitaria compactada para agregado fino y grueso.** Se toma una muestra representativa por el método del cuarteo y se debe colocar está en el recipiente en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta llenarlo por completo. Cada una de las tres capas se apisona con 25 golpes de una varilla con un extremo semiesférico como se aprecia en la figura 3 que a continuación se muestra, estos golpes deben ser distribuidos sobre toda el área, se debe evitar que la varilla golpee el fondo o que atravesase otra capa de agregado diferente a la que se

está compactando. Una vez compactada la última capa se enrasa la superficie del agregado con una regla y se toma el peso.



Figura 3. Ensayo para determinar la masa unitaria compacta.

El valor de la masa unitaria compactada se obtiene de la relación del peso del agregado sobre el volumen del molde.

5.1.1.3. Análisis granulométrico por tamizado de agregados finos y gruesos. Este ensayo de laboratorio se realizó siguiendo el lineamiento de la norma de Invias (INV 123-07), la cual describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los diferentes tamices y además tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

Se procede a tomar una cantidad representativa de cada uno de los agregados según lo estipulado en la norma INV 123-07 por el método del cuarteo, seguido de esto se lleva la muestra al horno calibrado a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta que se obtenga una masa constante. Posteriormente se lavan los agregados finos con la ayuda del tamiz N° 200 y nuevamente se realiza un proceso de secado al horno.

Utilizando los tamices estipulados en la norma y colocándolos de forma descendente, es decir de mayor a menor como se ve en la figura 4, se tamiza la muestra y se pesa lo retenido en cada tamiz. Con este procedimiento se logró determinar el tamaño máximo (TM), tamaño máximo nominal (TMN) y módulo de finura (MF) de los agregados.



Figura 4. Análisis granulométrico de los agregados.

5.1.1.4. Gravedad específica y absorción para agregados finos. Este ensayo se realizó siguiendo la norma de Invias (INV 222-07), la cual describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de gravedades específicas Bulk y aparente, así como la absorción.

Se toma una muestra de agregado fino de aproximadamente 1000 gramos, la cual se seca hasta que su masa no varíe; seguido de esto se deja enfriar y se cubre con suficiente agua, manteniéndose en ese estado por un periodo de 15 a 19 horas (Ver figura 5). Trascurrido este periodo se retira el agua cuidadosamente evitando la pérdida de fino, por el método de decantación. Se inicia el secado superficial de la muestra dirigiendo sobre ella una corriente de aire caliente, hasta que las partículas puedan fluir libremente. Para verificar que la muestra ya se encuentra superficialmente seca se realiza la prueba del cono, la cual consiste en llenar el molde cónico con el material y se apisona con 25 golpes de la varilla, dejándola caer desde aproximadamente unos 5 mm por encima de la superficie; se levanta verticalmente el molde y si la arena se derrumba se puede decir que la muestra se encuentra saturada superficialmente seca, de lo contrario se debe seguir secando.



Figura 5. Saturación de agregados finos y gruesos con agua.

Luego, se toma el peso del picnómetro vacío y además el peso completamente lleno de agua. Se tomó una muestra de 100 gramos y se introducen en el picnómetro con un embudo y se llenó con agua hasta un 90% de la capacidad de este, teniendo en cuenta que el agua se encuentre a una temperatura de 23°C. Seguido de esto se debe agitar el picnómetro para eliminar las burbujas

de aire atrapadas. Se coloca en la balanza el picnómetro y se determina su masa total (picnómetro, muestra, agua) como se muestra en la figura 6. Por último se vierte en un recipiente el contenido que se encuentra dentro del picnómetro y se lleva al horno por un transcurso de 24 horas, con el fin de obtener el valor del peso seco de la muestra.



Figura 6. Determinación de la gravedad específica del agregado fino.

5.1.1.5. Gravedad específica y absorción para agregados gruesos. Este ensayo se realizó siguiendo los lineamientos de la norma de Invias (INV 223-07), la cual describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de gravedades específicas bulk, bulk saturada y superficialmente seca y aparente, así como la absorción.

Se toma una muestra representativa de mínimo 3 kg y se pasa por el tamiz N° 4, eliminándose las partículas que pasen por dicho tamiz, seguido de esto se seca la muestra y se

deja enfriar. Se sumerge en agua durante 15 a 19 horas, transcurrido este tiempo se retira el agua por medio de decantación y se seca la muestra con un paño hasta que esta quede superficialmente seca. Se pesa la muestra y se coloca en una canastilla para determinar la masa sumergida por medio de una balanza mecánica como se ve en la figura 7. Seguido de esto se lleva al horno por un tiempo de 24 horas y se determina su masa en seco.



Figura 7. Determinación de la gravedad específica del agregado grueso.

5.1.1.6. Densidad del cemento hidráulico. Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma de Invias (INV 307-07), la cual consiste en determinar la densidad del cemento hidráulico, su principal utilidad está relacionada con el diseño y el control de las mezclas de concreto.

Para realizar este ensayo se debe utilizar el frasco patrón de Le Chatelier, el cual debe cumplir con las dimensiones indicadas en la norma y estar construido con vidrio de la mejor

calidad y químicamente resistente, para la determinación de la densidad se debe emplear kerosene y se debe seguir el siguiente procedimiento:

Se llena el frasco con el kerosene hasta un punto situado entre las marcas 0 y 1 ml, con el fin de no mojar las paredes del frasco por encima del nivel del líquido se utilizó un embudo, seguido de esto se procede a sumergir el frasco en un baño de agua a temperatura ambiente y pasado unos minutos se procede a tomar la primera lectura correspondiente al nivel alcanzado por el kerosene. Se agregan aproximadamente 64 gr del cemento a utilizar (Ver figura 8), en nuestro caso argos esto se debe hacer en pequeñas cantidades para evitar que el cemento se adhiera en las paredes del frasco encima del nivel del líquido.



Figura 8. Ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico.

Finalmente se procede a tapar el frasco y se giró inclinándolo poco a poco hasta que no asciendan burbujas a la superficie esto con el fin de retirar el aire atrapado, se introduce nuevamente en el baño de agua para tomar la lectura final a la que ascendió el kerosene como se ve en la figura 9. La diferencia entre la lectura inicial y la lectura final representa el volumen de líquido desplazado por el peso del cemento.



Figura 9. Toma de la lectura final.

Para el cálculo de la densidad del cemento se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa del cemento (gr)}}{\text{Volumen desplazado (cm}^3\text{)}}$$

5.1.1.7. Contenido de materia orgánica de agregado fino. Este ensayo de laboratorio se realizó como lo indica la norma de Invias (INV 212-07), la cual describe el procedimiento para determinar de manera aproximada el contenido de materia orgánica presente en los agregados finos usados para la preparación de morteros o concreto.

Por el método del cuarteo se toman 450 gr de agregado fino secado únicamente al sol, se vierten en una botella de vidrio incoloro hasta un volumen aproximado de 130 ml, luego se agrega una solución de hidróxido de sodio al 3% hasta que el volumen total de agregado y liquido alcance aproximadamente 200 ml. Finalmente se tapa la botella, se agita y se deja reposar por un periodo de 24 horas. (Ver figura 10).



Figura 10. Agregado con hidróxido de sodio al 3%.

Después de transcurrido este tiempo se compara el color del líquido que sobrenada en la botella encima de la muestra, con un lamina que consta de cinco vidrios de diferentes colores los

cuales se encuentran enumerados como se muestra en la figura 11 que a continuación se muestra, esto con el fin de determinar el parecido entre uno de estos colores y el líquido que sobrenada en la botella.



Figura 11. Determinación del contenido de materia orgánica de agregado fino.

Según la norma, se considera que la arena contiene componentes orgánicos perjudiciales, cuando el color que sobrenada por encima de la muestra de ensayo, es más oscuro que el color normal de referencia, es decir, la placa orgánica N° 3.

5.1.1.8. Resistencia al desgaste de agregados gruesos. Para llevar a cabo este ensayo de laboratorio, se implementó lo expuesto en la norma de Invias (INV 218-07), lo cual consiste en determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos con tamaños menores de 37.5mm (1½") empleando la máquina de los Ángeles con una carga abrasiva la cual hace referencia a unas esferas de acero.

Por medio del método del cuarteo se toma una muestra representativa del agregado y luego se lava y se seca hasta masa constante. Seguidamente se toma la muestra más parecida a la que se va a utilizar en obra hasta completar los 5000 gramos que esta descrita en la tabla 3 de la norma INV 218-07, en nuestro caso se tomó la gradación B, con una carga abrasiva de 11 esferas como lo indica la tabla 4.

Tabla 3.

Granulometría de la muestra de agregado para ensayo.

PASA EN TAMIZ		RETENIDO EN TAMIZ		MASA DE LA MUESTRA PARA ENSAYO (gr) GRANULOMETRIAS			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1 1/2")	25	(1")	1250± 25			
25	(1")	19	(3/4")	1250± 25			
19	(3/4")	12,5	(1/2")	1250± 10	2500±10		
12,5	(1/2")	9,5	(3/8")	1250± 10	2500±10		
9,5	(3/8")	6,3	(1/4")			2500±10	
6,3	(1/4")	4,75	(N° 4)			2500±10	
4,75	(N° 4)	2,36	(N°8)				5000±10
TOTALES				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: Norma Invias 218-07.

Tabla 4.

Carga abrasiva para ensayo de desgaste de agregado grueso.

TIPO	NUMERO DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±25
D	6	2500±15

Fuente: Norma Invias 218-07.

Una vez preparada la muestra se coloca dentro de la máquina de los Ángeles junto con la carga abrasiva y se pone a girar hasta completar 500 vueltas las cuales están indicadas en la norma y como se puede apreciar en la figura 12. Una vez terminadas las revoluciones, se sacó el material y se pasa por el tamiz N°12 según la norma INV 218-07. El material retenido en dicho tamiz se lavó, se secó en el horno hasta masa constante y seguidamente se pesó en la balanza.



Figura 12. Determinación de la resistencia al desgaste del agregado grueso.

5.1.1.9. Asentamiento del concreto. Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma de Invias (INV 404-07) la cual establece el método para determinar el asentamiento del concreto en las obras y en el laboratorio.

Para realizar este ensayo lo primero que se realizó fue la mezcla de concreto siguiendo el diseño de mezclas, seguido de esto se humedeció el molde cónico y se puso sobre una bandeja metálica sujetándolo firmemente con los pies como se muestra en la figura 13. Se procedió con el llenado del molde, el cual se realizó en 3 capas, cada una compactándola con 25 golpes de la varilla según lo estipulado en la norma INV 404-07, se tuvo en cuenta al momento de compactar las capas superiores que la varilla penetrara ligeramente la capa anterior según la norma. Al terminar de compactar la tercera capa se enrasó el cono.



Figura 13. Proceso de llenado del molde para medir el asentamiento.

Seguidamente se limpió los alrededores de la base del molde y se hizo el retiro de este, levantándolo cuidadosamente. Se midió el asentamiento tomando la diferencia de la altura del cono y de la muestra como se ve en la figura 14. Cabe resaltar que este proceso no puede durar más de 2 minutos 30 segundos basándose en la norma.



Figura 14. Determinación del asentamiento de la mezcla de concreto.

5.1.2. Proceso de empackado al vacío para muestras de concreto y mortero. Luego de realizar el diseño de mezclas y hacer los respectivos ajustes, se procedió a realizar el empackado al vacío de las muestras. A continuación se describe el procedimiento que se siguió:

- Inicialmente se pesó cada material (arena, cemento y triturado) según la dosificación. (Ver figura 15).



Figura 15. Balanza digital.

- Una vez que se pesaron todos los materiales se hizo el proceso de mezclado en seco de estos, el cual se realizó de forma mecánica. (Ver figura 16).



Figura 16. Proceso de mezclado en seco.

- A continuación, las bolsas utilizadas para el empaque al vacío se llenaron con una masa de muestra de aproximadamente 17 kg en el caso del concreto, con el fin de que fuera suficiente para la elaboración de un cilindro y 3 kg para el mortero. (Ver figura 17).



Figura 17. Empacado de las muestras predosificadas.

- El siguiente paso fue el sellado de las bolsas y la extracción de aire de estas. Para la extracción de aire se utilizó una aspiradora manual (Ver figura 18) y para el sellado de las bolsas se utilizó una selladora de pedal como se observa en la imagen 19.



Figura 18. Sellado y extracción de aire.



Figura 19. Sellado y extracción de aire.

- Finalmente se obtuvo el empaque al vacío de las bolsas de concreto y mortero necesario para realizar los ensayos de resistencia a la compresión, los cuales se realizaran cada mes por un periodo de tres meses, esto con el fin de observar el comportamiento de la mezclas al estar empacadas al vacío evidenciando si las resistencias trabajadas se mantienen o varían al transcurrir los meses. La figura 20 ilustra el resultado final del proceso.



Figura 20. Muestra de concreto empacada al vacío.

5.1.3. Elaboración de probetas de concreto y mortero.

5.1.3.1. Elaboración de cilindros de concreto. Para la elaboración de los cilindros de concreto se siguió lo estipulado en la norma de Invias (INV 402 – 07), la cual describe el siguiente procedimiento:

Se inició con la preparación de la muestra a la cual se le adiciono el agua indicada por el diseño y se siguió con el mezclado de la misma. Una vez preparada la mezcla se inició el proceso de llenado de los cilindros los cuales se habían untado de ACPM anteriormente. La norma describe que el llenado se debe realizar en tres capas de aproximadamente 10 cm cada una, las cuales debieron ser compactadas con 25 golpes de una varilla con punta semiesférica teniendo en cuenta que al compactar la primera capa la varilla no debe tocar el fondo del cilindro y para las

capas superiores no debe penetrar la capa anterior. Luego de compactar cada capa se deben dar entre 10 y 15 golpes al molde con un martillo de caucho hasta cerrar los huecos dejados por la varilla.

Por último se enraza la muestra y se hace el proceso de desencofrado 24 horas después para su posterior curado. (Ver figura 21)



Figura 21. Cilindros de concreto.

5.1.3.2. Elaboración de los cubos de mortero. El procedimiento que se siguió para la elaboración de los cubos de mortero es el descrito en la norma de Invias (INV 323 – 07), los cuales tienen 50 mm de lado.

La muestra se prepara adicionándole el agua correspondiente al diseño y se procede a mezclarla. A continuación se comienza el llenado de los moldes el cual se hará en dos capas, compactando cada una de ellas con 32 golpes. Finalmente se enraza la superficie de la muestra y

transcurridas 24 horas se procede a desencofrarlos para realizar el proceso de curado.

(Ver figura 22)



Figura 22. Cubos de mortero.

5.1.4. Curado en el laboratorio de muestras de concreto y mortero. Para llevar a cabo el proceso de curado de los cilindros de concreto se realizó siguiendo los lineamientos descritos por la norma de Invias (INV 402-07), la cual describe el procedimiento para la elaboración y el curado de las muestras de concreto en el laboratorio en el laboratorio. Y para los cubos de mortero se siguió el procedimiento de curado establecido en la norma de Invias (INV 323-07), cabe mencionar que el proceso es el mismo para ambos materiales.

Una vez removidos los cilindros de concreto y los cubos de mortero 24 horas después de su elaboración, las muestras se sumergieron en una pileta con agua a la cual se le adicionó cal para mantener unas condiciones de humedad y temperatura, las cuales están especificadas en la norma INV 402-07, dichas muestras estarán sumergidas hasta el momento en el que se vaya a realizar el ensayo como se ve en la figura 23.



Figura 23. Proceso de curado de muestras de concreto y mortero.

5.1.5. Resistencia a la compresión a las probetas.

5.1.5.1. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto. Para realizar este ensayo de laboratorio nos basamos en la norma de Invias (INV 410-07), la cual determina el proceso para ensayar cilindros de concreto.

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros de concreto a una velocidad y carga descrita hasta que estos fallen como se puede apreciar en la figura 24. En nuestro caso los cilindros se ensayaron a los 28 días para conocer su resistencia. Hay que tener en cuenta que este proceso se ejecutó inmediatamente después de retiradas las muestras de la pileta.



Figura 24. Determinación de la resistencia de los cilindros de concreto.

5.1.5.2. Resistencia a la compresión de cubos de mortero. Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión de los cubos de mortero se siguieron los lineamientos estipulados en la norma de Invias (INV 323 -07), la cual tiene como objeto determinar el esfuerzo de compresión de morteros de cemento hidráulico, usando cubos de 50 mm de lado.

Los cubos deben estar en el proceso de curado hasta el momento de realizar el ensayo de resistencia, para dicho ensayo los cubos se deben secar y dejarse limpios de arena suelta o incrustaciones en las caras que van a estar en contacto con los bloques de la máquina de ensayo. Se debe comprobar por medio de una regla, que las caras estén perfectamente planas.

Se coloca cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensayo, debajo del centro de la parte superior de la máquina, comprobándose antes de ensayar cada cubo, que la rótula gire

libremente en cualquier dirección. No se usaran amortiguadores entre el cubo y los bloques de carga.

Se aplica una proporción de carga a una proporción relativa de movimiento entre el plato superior y el inferior (Ver figura 25) que corresponda a una carga aplicada al cubo en el rango de 900 N/s a 1800 N/s, la proporción de movimiento se obtiene en la primera mitad de la carga máxima, no se hará ningún ajuste a la proporción de movimiento del plato en la siguiente mitad del ensayo.



Figura 25. Resistencia a la compresión de cubos de mortero.

5.2. Análisis de Resultados

En esta fase del proyecto se mostraran los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio que se le realizaron a cada material (agregado fino, agregado grueso y cemento), esto con el fin de conocer las propiedades y características del mismo los cuales son fundamentales para la elaboración del diseño de mezclas de concreto y mortero. Además de esto se mostraran los datos que se obtuvieron en el diseño de mezclas y la dosificación para cada una de ellas tanto de concreto como de mortero.

Uno de los resultados más importantes que se analizaran dentro de este capítulo son los obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión realizado a los cilindros de concreto de diferentes dosificaciones y a los cubos de mortero los cuales también son de diferentes dosificaciones, con estos resultados es posible determinar el comportamiento de estas mezclas al encontrarse empacadas al vacío por un transcurso de tres meses.

Cada uno de estos ensayos está basado en los lineamientos descritos por la norma del instituto nacional de vías, donde cada uno de ellos cuenta con una norma en específico que hay que seguir paso a paso con el fin de evitar fallas en la ejecución del procedimiento lo que generaría errores en los resultados, estos ensayos fueron realizados bajo la supervisión del laboratorista a cargo.

5.2.1 Resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados a los materiales

5.2.1.1. Contenido de humedad agregado fino.

Tabla 5

Resultados contenido de humedad agregado fino

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
CONTENIDO DE HUMEDAD (INV 122-07) AGREGADO FINO		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS:	
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

N° DE PRUEBA	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Peso del recipiente (gr)	81,82	86,27	90,33
Peso del recipiente mas suelo humedo (gr)	191,53	195,4	202,56
Peso del recipiente mas suelo seco (gr)	186,39	190,45	197,47
Peso del suelo seco (gr)	104,57	104,18	107,14
Peso del agua (gr)	5,14	4,95	5,09
CALCULOS			
Contenido de Agua (%)	4,92	4,75	4,75
% de humedad promedio	4,81		

Fuente: Autores del proyecto

Este ensayo tiene como finalidad determinar el contenido de humedad de una muestra suelo, siendo esta una de las características más importantes para explicar el comportamiento del mismo. En la tabla anterior se muestra que el valor obtenido de contenido de humedad para el agregado fino es de 4.81%. (Ver tabla 5)

5.2.1.2. Gravedad específica y absorción del agregado fino.

Tabla 6

Resultados de gravedad específica y absorción de agregado fino

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA				
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (INV 222-07) AGREGADO FINO				
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS:			
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.			
Peso del recipiente (gr)	185,1			
Peso del recipiente mas muestra sin lavar (gr)	1566,33			
N° PRUEBAS	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	
S= Masa de la muestra saturada y superficialmente seca	100,03	100,03	100,06	
B= Peso del picnometro lleno de agua (gr)	667,63	662,94	671,97	
C= Peso del picnometro aforado con la muestra y lleno de agua (gr)	727,89	724,35	733,51	
Peso del recipiente en el que se hecho al horno (gr)	135,65	105,55	166,39	
Peso del recipiente mas la muestra seca (gr)	233,12	203,12	264,43	
A= Peso de la muestra seca (gr)	97,47	97,57	98,04	
CALCULOS				PROMEDIO
Gravedad especifica aparente (gr/cm3)	2,62	2,70	2,69	2,67
Gravedad especifica bulk (gr/cm3)	2,45	2,53	2,55	2,51
Gravedad especifica bulk SSS (gr/cm3)	2,52	2,59	2,60	2,57
Absorcion (%)	2,63	2,52	2,06	2,40

$$G_{sa} = \frac{A}{(B+A-C)}$$

$$G_{sb} = \frac{A}{(B+S-C)}$$

$$G_{sb\ sss} = \frac{S}{(B+S-C)}$$

$$\% \text{ Absorcion} = \frac{(S-A)}{A} * 100$$

Fuente: Autores del proyecto

Una vez realizado el ensayo de laboratorio se procedió a la tabulación de datos y al cálculo de resultados en los cuales se obtuvieron los valores que se muestran en la tabla N° 6. El porcentaje de absorción es de 2.4% lo que indica que la muestra retiene poca agua, siendo esto un factor beneficioso para obtener una buena dosificación en la elaboración del concreto y el mortero.

5.2.1.3. Masa unitaria suelta y compacta del agregado fino.

Tabla 7

Resultados de masa unitaria de agregado fino

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		ALUMNOS:				
MASA UNITARIA (INV 217-07) AGREGADO FINO		Yessica Marcela Prado V.				
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander		Sergio Andres Guerrero A.				
N° PRUEBAS	SUELTA			COMPACTA		
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Peso del molde mas agregado (gr)	12235	12244	12278	12620	12644	12654
Peso promedio (gr)	12252,33			12639,33		
Peso del agregado (gr)	4754,33			5141,33		
Peso del cilindro (gr)	7498			7498		
Volumen del cilindro (cm ³)	2880,45			2880,45		
CALCULOS						
Masa Unitaria (Kg/m ³)	1650,00			1780,00		
Masa Unitaria (gr/cm ³)	1,65			1,78		

$$MU = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

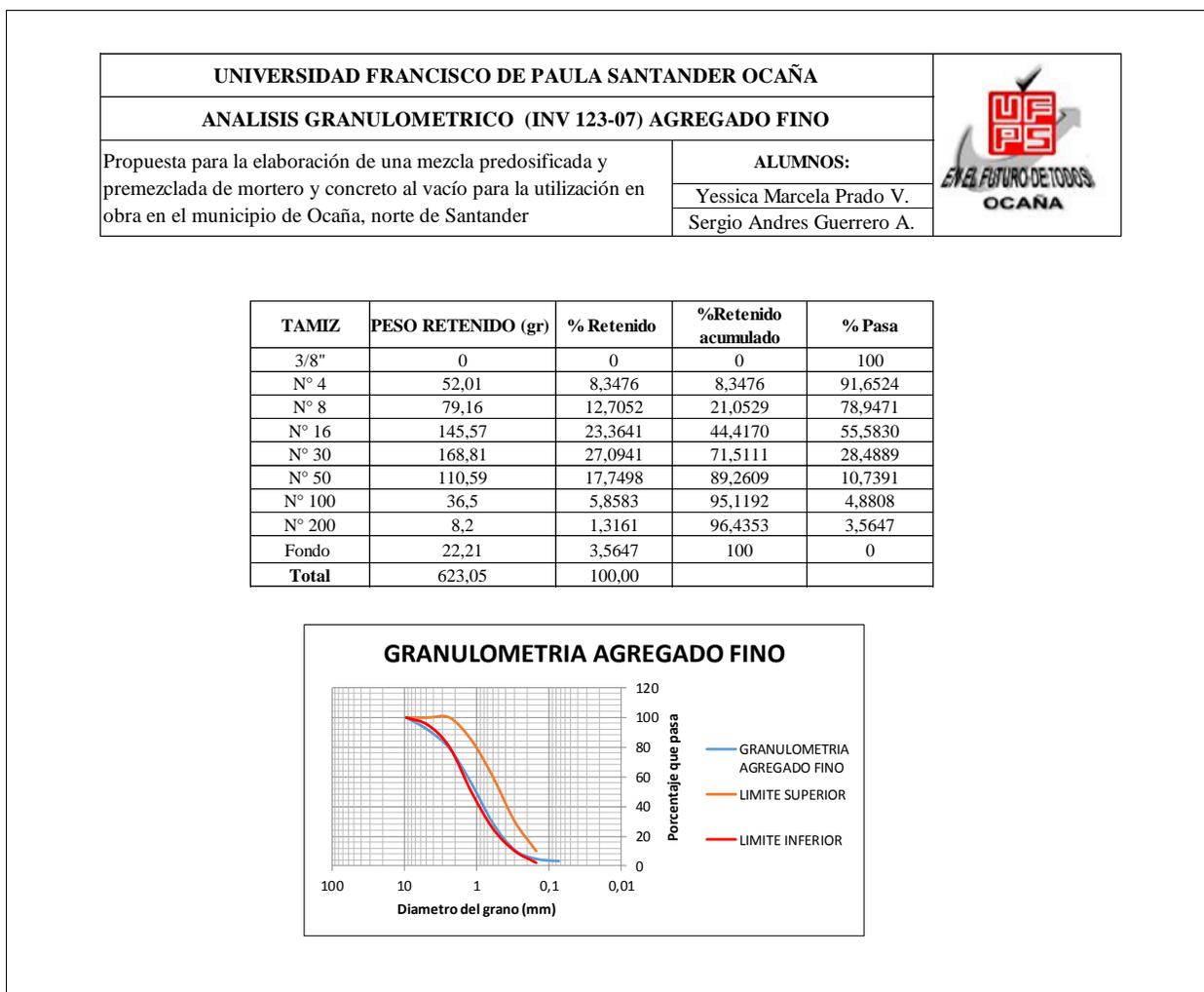
Fuente: Autores del proyecto

En la tabla anterior se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de masa unitaria, para lo cual se obtuvo un valor de 1.65 gr/ cm³ para la masa unitaria suelta y 1.78 gr/cm³ para la masa unitaria compacta (Ver figura 7). Esto indica que el valor de masa compactada es mayor a la de masa suelta esto debido a que el proceso de compactación mejora la propiedad de masa unitaria y la capacidad a soportar esfuerzos. Este dato es de vital importancia para el diseño de mezclas ya que con este valor se determina la cantidad de agregado adecuada para que una mezcla alcance una resistencia determinada.

5.2.1.4. Análisis granulométrico agregado fino.

Tabla 8

Resultados del análisis granulométrico de agregado fino



Fuente: Autores del proyecto.

Para el ensayo de análisis granulométrico se determinaron los cálculos correspondientes, en el cual se obtuvo un valor de 3.3 para el módulo de finura de la arena, este se obtuvo al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz de la serie normalizada.

5.2.1.5. Contenido de materia orgánica de agregado fino. Después de realizada la práctica de laboratorio según la norma de Invias (INV 212-07) se estableció que el color del líquido que sobrenadaba la muestra corresponde al número 1 de la placa orgánica, lo que indica que hay presencia de materia orgánica en el agregado sin ser perjudicial para las mezclas de concreto y mortero.

5.2.1.6. Contenido de humedad de agregado grueso.

Tabla 9

Resultados del contenido de humedad del agregado grueso

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
CONTENIDO DE HUMEDAD (INV 122-07) AGREGADO GRUESO			
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander.	ALUMNOS:		
		Yessica Marcela Prado V.	
	Sergio Andres Guerrero A.		
Nº DE PRUEBA	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Peso del recipiente (gr)	136,77	105,69	153,84
Peso del recipiente mas suelo humedo (gr)	2700,84	2641,85	2707,67
Peso del recipiente mas suelo seco (gr)	2660,6	2606,98	2676,85
Peso del suelo seco (gr)	2523,83	2501,29	2523,01
Peso del agua (gr)	40,24	34,87	30,82
CALCULOS			
Contenido de Agua (%)	1,59	1,39	1,22
% de humedad promedio	1,40		

Fuente: Autores del proyecto.

Para este ensayo se obtuvo un valor de contenido de humedad para el agregado grueso de 1.40%. (Ver tabla 9)

5.2.1.7. Gravedad específica y absorción del agregado grueso.

Tabla 10

Resultados de la gravedad específica y la absorción del agregado grueso

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (INV 223-07) AGREGADO GRUESO		
ALUMNOS:		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	
		UNIDADES
Peso del recipiente	gr	331,49
Peso del recipiente mas muestra sin lavar	gr	3068,77
N° PRUEBAS		PRUEBA 1
Ms=Peso de la muestra saturada y superficialmente seca	gr	3001,38
Peso del tamiz	gr	400,4
Peso sumergido	gr	2687,4
Mi= Peso sumergido neto	gr	1886,6
M= Peso de la muestra seca	gr	2957,29
CALCULOS		
Densidad Nominal	gr/cm3	2,76
Densidad Aparente	gr/cm3	2,65
Absorcion	%	1,49
$D_n = \frac{M}{(M - M_i)}$		
$D_a = \frac{M}{(M_s - M_i)}$		
$\% \text{ Absorcion} = \frac{(M_s - M)}{M}$		

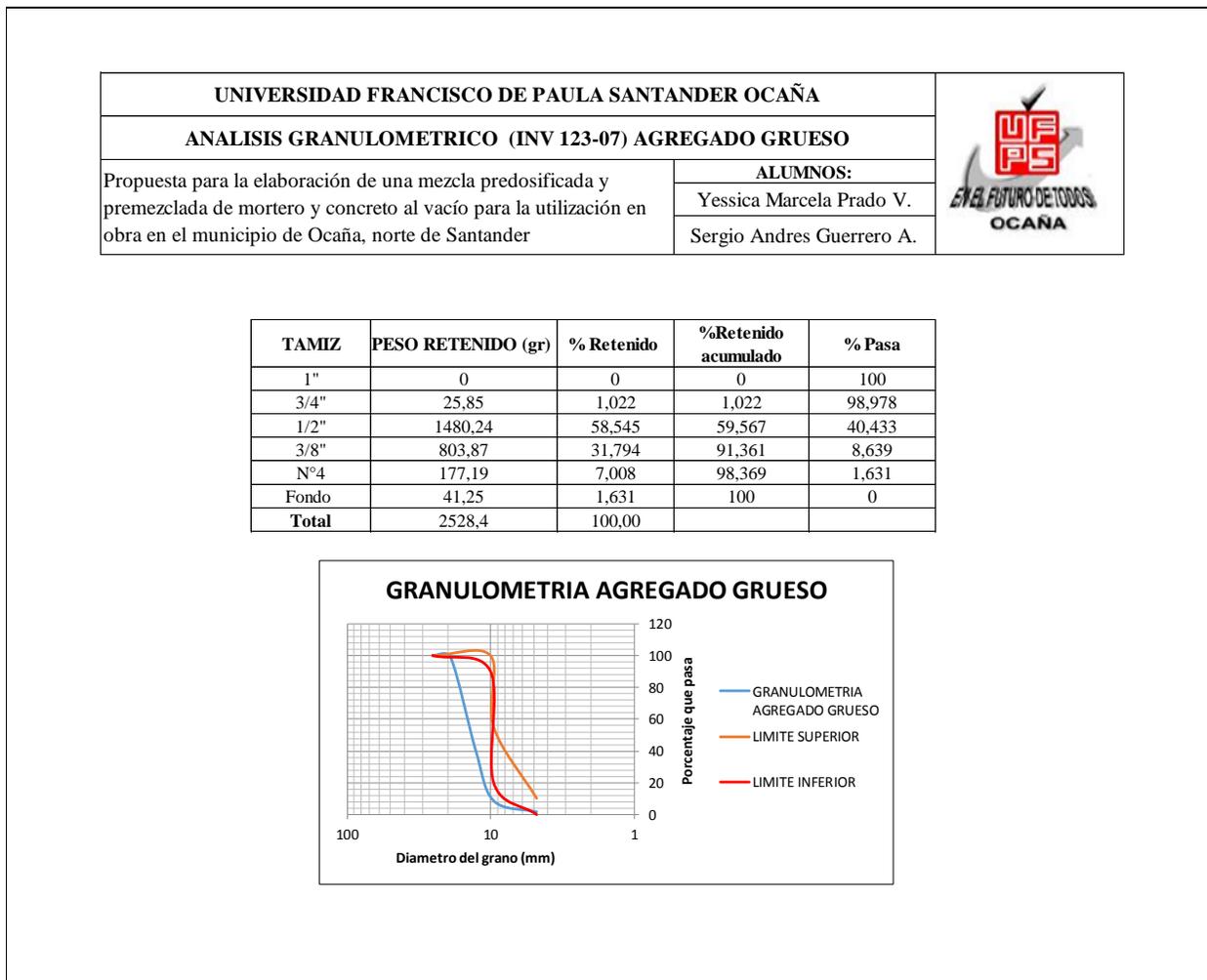
Fuente: Autores del proyecto.

Una vez realizado el ensayo de laboratorio, se procede al cálculo de los resultados en los cuales se obtuvieron los mencionados en la tabla N° 10. Los datos obtenidos de pesos específicos facilitan los cálculos de la dosificación, ya que mediante estos se puede dosificar en volumen y el porcentaje de absorción de 1.49% indica que la muestra de triturado que se tomo tiene poca agua lo cual es bueno para la elaboración del diseño de mezclas.

5.2.1.8. Análisis granulométrico agregado grueso.

Tabla 11

Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso



Fuente: Autores del proyecto.

Luego de realizar los respectivos cálculos para el ensayo de análisis granulométrico se obtuvo un tamaño máximo (TM) de 1" el cual es el último tamiz por el que pasa el 100% de la muestra y un tamaño máximo nominal (TMN) de 3/4" es el de la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más.

5.2.1.9. Masa unitaria suelta y compacta del agregado grueso.

Tabla 12

Resultados de masa unitaria del agregado grueso

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA						
MASA UNITARIA (INV 217-07) AGREGADO GRUESO						
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander		ALUMNOS:				
		Yessica Marcela Prado V.				
		Sergio Andres Guerrero A.				
N° PRUEBAS	SUELTA			COMPACTA		
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Peso del molde mas agregado (gr)	11790	11680	11793	12194	12304	12241
Peso promedio (gr)	11754,33			12246,33		
Peso del agregado (gr)	4256,33			4748,33		
Peso del cilindro (gr)	7498			7498		
Volumen del cilindro (cm ³)	2880,45			2880,45		
CALCULOS						
Masa Unitaria (Kg/m ³)	1480,00			1650,00		
Masa Unitaria (gr/cm ³)	1,48			1,65		

$$MU = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Fuente: Autores del proyecto.

Para el ensayo de masa unitaria se obtuvo un valor de masa unitaria suelta de 1.48 gr/cm³ y para masa unitaria compacta de 1.65 gr/cm³ (Ver figura 12). La acomodación de las partículas de agregado grueso después del proceso de compactación aumenta en mayor porcentaje la masa unitaria que en agregados finos debido a la mayor cantidad de vacíos presente en la muestra de agregado grueso. Para el diseño de mezcla es indispensable conocer la masa unitaria de los agregados, ya que con este valor se puede estimar la cantidad de agregados adecuada para la mezcla ya sea de concreto o mortero.

5.2.1.10. Resistencia al desgaste de agregado grueso.

Tabla 13

Resultados de resistencia al desgaste de agregado grueso

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
RESISTENCIA AL DESGASTE (INV 218-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS: Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	
Gradacion empleada	B	
Carga abrasiva	11	
Revoluciones	500	
P1 (Masa muestra seca antes del ensayo)	5000	
P2 (Masa muestra seca despues del ensayo, previo lavado tamiz N. 12)	3455,2	
CALCULOS		
% Desgaste	30,896	
$\% \text{ Desgaste} = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$		

Fuente: Autores del proyecto.

Después de realizado el ensayo de laboratorio se procede al cálculo de resultados donde se obtuvo un porcentaje de desgaste de 30.896% esto se puede apreciar en la tabla N°13, lo cual indica que se cuenta con un agregado de alta resistencia al desgaste y puede ser utilizado para la elaboración de obras civiles. Este agregado es apto para el diseño de mezclas ya que puede garantizar buenos resultados al ser utilizado debido a la dureza que presenta al ser sometido a las 500 revoluciones en la máquina de los angeles junto a las esferas.

5.2.1.11. Densidad del cemento hidráulico.

Tabla 14

Resultados de densidad del cemento hidráulico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRAULICO (INV 307-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS:	
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

NOMBRES	UNIDADES	DATOS
Peso de la muestra	(gr)	64
Lectura inicial	(ml)	1
Lectura final	(ml)	21,5
Volumen desplazado	(Cm3)	20,5
CALCULOS		
Densidad	(gr/Cm3)	3,12
Densidad	(kgr/m3)	3120

$$Densidad = \frac{Peso\ de\ la\ muestra}{volumen\ desplazado}$$

Fuente: Autores del proyecto.

Este ensayo se realizó siguiendo lo estipulado en la norma del instituto nacional de vías (INV 307-07) de la cual se obtuvo que el peso específico calculado para una muestra de cemento Argos es de 3.12 gr/cm³, siendo este un dato acertado tomando en cuenta que se encuentra entre el rango estipulado de 3.1 gr/cm³ a 3.2 gr/cm³. La principal utilidad que tiene el peso específico del cemento está relacionada con el diseño y control de mezclas de concreto y mortero.

A continuación se muestra una tabla con el resumen de los datos que se obtuvieron en la realización de los ensayos de laboratorio a los materiales, los cuales serán fundamentales para la elaboración del diseño de cada una de las mezclas que se trabajaran de concreto y mortero en el presente trabajo de investigación. (Ver tabla 15)

Tabla 15

Tabla resumen de resultados.

TABLA RESUMEN (DATOS DE ENSAYOS PARA MATERIALES)				
AGREGADO FINO				
ENSAYO	DATOS			
% Humedad	4,81%			
Gravedad específica y % de absorción	G. E. Aparente 2,67 gr/cm ³	G.E. bulk 2,51 gr/cm ³	G.E. bulk sss 2,57 gr/cm ³	% Absorción 2,40%
Masa Unitaria	Suelta 1,65 gr/cm ³		Compacta 1,78gr/cm ³	
Contenido de materia orgánica	Número 1 de la placa orgánica			
AGREGADO GRUESO				
% humedad	1,40%			
Gravedad específica y % de absorción	D. Nominal 2,76 gr/cm ³	D. Aparente 2,65 gr/cm ³	% Absorción 1,49%	
Masa Unitaria	Suelta 1,48 gr/cm ³		Compacta 1,65 gr/cm ³	
Resistencia al desgaste	30,90%			
CEMENTO				
Densidad	3,12 gr/cm ³			

Fuente: Autores del proyecto.

5.3. Diseño de mezclas

Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto o mortero, conocida usualmente como diseño de mezclas, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y dela combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuados y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador indicados en los planos y/o las especificaciones de la obra. (Delgado Arana R, 2011, Introducción a la ingeniería, Universidad Cesar Vallejo)

5.3.1. Descripción del procedimiento para el diseño de mezclas de concreto. El objetivo que se persigue en el diseño de las mezclas de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de materiales disponibles para producir un concreto que satisfaga sus requerimientos bajo condiciones particulares de uso.

Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de maleabilidad y economía, y para concreto endurecido son las de resistencia, durabilidad, acabado y en algunos casos el peso volumétrico. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 183)

Antes de dosificar una mezcla de concreto además de conocer los datos de la obra o estructura que se va a construir y de las condiciones de transporte y colocación, también se deben conocer las propiedades de los materiales con los que se va a preparar la mezcla; como lo son granulometría, humedad de los agregados, densidad del cemento, entre otros

Existen muchos métodos para el proporcionamiento de los ingredientes de una mezcla de concreto, entre los cuales se encuentran el American Concrete Institute (ACI) el cual es el más conocido y ampliamente usado y el Road Note Laboratory (RNL) el cual consiste en hacer una optimización granulométrica. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 185).

El método que se empleó para realizar el diseño de las mezclas en este proyecto de investigación es el de la Road Note Laboratory (RNL), debido a que los agregados finos y gruesos no cumplen con las recomendaciones granulométricas según la ASTM C33, lo que hace que no se pueda utilizar el método American Concrete Institute (ACI).

Para obtener la dosificación de una mezcla se debe seguir una secuencia de pasos, recurriendo tanto a datos reales como a datos empíricos o de la experiencia que con la ayuda de tablas, gráficas y ábacos aportan combinaciones óptimas de los materiales.

A continuación se muestra la secuencia de pasos a seguir para la elaboración del diseño de mezclas:

- Elección de Asentamiento
- Elección del tamaño máximo nominal (TMN)
- Estimar el contenido de aire
- Estimar la cantidad de agua de mezclado
- Estimar la relación agua / cemento (a/c)
- Calcular el contenido de cemento
- Verificar si los agregados cumplen las recomendaciones granulométricas NTC 174
- Optimizar la granulometría
- Estimar el contenido de arena y grava
- Ajustar la cantidad de agua por el contenido de humedad del agregado
- Ajustar las mezclas de prueba.

(Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 186).

5.3.1.1. Elección de asentamiento. Los valores de asentamiento recomendados se encuentran en la tabla N° 16, hay que tener en cuenta que los valores de asentamiento indicados, se usan cuando el método de compactación es la vibración. Cuando se empleen otros métodos diferentes a los de la tabla, se deben aumentar en 2.5 cm. Cuando el asentamiento no se encuentra especificado en la tabla mostrada, se puede adoptar un valor apropiado para la obra, recordando siempre que se deben usar mezclas con la mínima consistencia que permitan una colocación

eficiente. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 185).

Tabla 16

Valores de asentamiento recomendados para diversas clases de construcción

Consistencia (Tipo de concreto)	Asentamiento (cm)	Grado de trabajabilidad	Tipos de estructura y condiciones de colocación
Muy seca	0 - 2,0	Muy pequeño	Pilotes o vigas prefabricadas de alta resistencia con vibradores de formaleta.
Seca	2,0 - 3,5	Pequeño	Pavimentos con maquina terminadora vibratoria.
Semi Seca	3,5 - 5,0	Pequeño	Pavimentos con vibradores normales. Fundaciones de concreto simple. Construcciones en masa voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración.
Media	5,0 - 10,0	Medio	Pavimentos compactados a mano. Losas medianamente reforzadas, con mediana compactación, columnas, vigas, fundaciones y muros reforzados con vibración.
Húmeda	10,0 - 15,0	Alto	Revestimiento de túneles. Secciones con demasiado refuerzo. Trabajos, donde la colocación sea difícil. Normalmente no es apropiado para compactarlo con demasiada vibración.

Fuente: Niño Hernandez, J.R, (2010), Tecnología del concreto, tabla 11.1

5.3.1.2. Elección del tamaño máximo nominal (TMN). El TMN está limitado por las dimensiones de la estructura teniéndose presente que ningún caso debe exceder de un quinto la menor dimensión entre los lados de la formaleta, de un tercio el espesor de las losas, ni de las tres cuartas partes del espaciado libre entre varillas individuales de refuerzo. Estas

restricciones se pueden evitar, si a juicio del ingeniero, la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin que produzcan hormigueros o vacíos. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 187).

En la tabla N° 17 se muestran los valores recomendados por la selección del TMN de acuerdo con el tipo de construcción y la dimensión mínima del elemento.

Tabla 17

Valores recomendados de TMN según el tipo de construcción.

Dimensión mínima del elemento (cm)	Tamaño Máximo Nominal en mm (pulgadas)			
	Muros reforzados vigas y columnas	Muros son refuerzo	Losas muy reforzadas	Losas sin refuerzo o poco reforzadas
6 a 15	12 (1/2") - 19 (3/4")	19 (3/4")	19 (3/4") - 25(1")	19 (3/4") - 38 (1 1/2")
19 a 29	19 (3/4") - 38 (1 1/2")	38 (1 1/2")	38 (1 1/2") - 76 (3")	
30 a 74	38 (1 1/2") - 76 (3")	76 (3")	38 (1 1/2") - 76 (3")	76 (3")
75 o mas	38 (1 1/2") - 76 (3")	152 (6")	38 (1 1/2") - 76 (3")	76 (3") - 152 (6")

Fuente: Niño Hernandez, J.R, (2010), Tecnología del concreto, tabla 11.2

5.3.1.3. Estimación del contenido de aire. Con el objeto de tener un mejor criterio acerca de la cantidad de aire en el concreto, en la tabla 18 se enseñan los valores que recomienda el ACI

318 S-08 para varios grados de exposición. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 188).

Tabla 18

Contenido aproximado de aire en el concreto para varios grados de exposición

Agregado grueso		Porcentaje promedio aproximado de aire atrapado	Porcentaje promedio total de aire recomendado para los siguientes grados de exposición		
Pulgadas	mm		Suave	Mediano	Severo
3/8	9,51	3,0	4,5	6,0	7,5
1/2	12,50	2,5	4,0	5,5	7,0
3/4	19,10	2,0	3,5	5,0	6,0
1	25,40	1,5	3,0	4,5	6,0
1 1/2	38,10	1,0	2,5	4,5	5,5
2	50,80	0,5	2,0	4,0	5,0
3	76,10	0,3	1,5	3,5	4,5
6	152,40	0,2	1,0	3,0	4,0

Fuente: Niño Hernandez, J.R, (2010), Tecnología del concreto, tabla 11.3

5.3.1.4. Estimación de la cantidad de agua de mezclado. La cantidad de agua por volumen unitario de concreto que se requiere para producir un asentamiento dado depende del tamaño máximo del agregado, la forma y textura de las partículas así como de la gradación de los agregados, de la cantidad de aire incluido y de los aditivos reductores de agua.

Son muchos los factores que intervienen para determinar este parámetro y de allí que su estimación exacta es difícil. Sin embargo, se han desarrollado algunos estudios que tienen en

cuenta algunos factores más importantes y que proporcionan valores que pueden ser mayores o menores a los requisitos reales del agua en la mezcla, pero que ofrece suficiente aproximación para una primera muestra de prueba. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 189).

Es necesario hacer hincapié en que al valor encontrado en la tabla N° 19 hay que sumarle el agua de absorción de los agregados o restarle el agua libre de los mismos.

Tabla 19

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y TMN del agregado.

		Concreto sin aire incluido							
Asentamiento (cm)		10 mm	12,5 mm	20 Mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm
3 a 5		205	200	185	180	160	155	145	125
8 a 10		225	215	200	195	175	170	160	140
15 a 18		240	230	210	205	185	180	170	
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento		3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
		Concreto con aire incluido							
Asentamiento (cm)		10 mm	12,5 mm	20 Mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm
3 a 5		180	175	165	160	145	140	135	120
8 a 10		200	190	180	175	160	155	150	135
15 a 18		215	205	190	185	170	165	160	
Promedio recomendable de contenido total de aire por ciento.		8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

Fuente: Niño Hernandez, J.R, (2010), Tecnología del concreto, tabla 11.4

5.3.1.5. Elección de la relación agua / cemento. La relación agua cemento, medida en peso, es uno de los factores más importante en el diseño de mezclas de concreto y por lo tanto se le debe prestar mucha atención a su escogencia, la relación a/c requerida se determina básicamente por requisitos de resistencia, durabilidad, impermeabilidad y acabado.

Si los datos de las pruebas de laboratorio o registros de experiencia para llevar a cabo esta relación no puede ser obtenidos por limitaciones de tiempo o por algún otro motivo se pueden usar los de la tabla N° 20, que aunque aproximados, son relativamente seguros para concretos elaborados con cemento Portland tipo 1. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 192).

Tabla 20

Relación entre la resistencia a la compresión y algunos valores de la relación a/c

Resistencia a la compresión a los 28 días en Kg/cm ² (psi)	Concreto sin inductor de aire Relación absoluta por peso	Concreto con inductor de aire Relación absoluta por peso
175 (2500)	0,65	0,56
210(3000)	0,58	0,50
245 (3500)	0,52	0,46
280 (4000)	0,47	0,42
315 (4500)	0,43	0,38
350 (5000)	0,40	0,35

Fuente: Niño Hernandez, J.R, (2010), Tecnología del concreto, tabla 11.5

5.3.1.6. Calculo del contenido de cemento. El cálculo de la cantidad de cemento por metro cúbico de concreto es muy sencillo. Como ya se tiene la relación agua/cemento y el contenido de agua, calculados en los pasos inmediatamente anteriores se despeja el contenido de cemento.

$$C = \frac{a}{a/c}$$

Donde:

c = Contenido de cemento

a = Contenido de agua

a/c = Relación agua cemento

5.3.1.7. Verificación de las especificaciones granulométricas. Antes De dosificar las cantidades de arena y grava es necesario verificar que se distribución de tamaños este comprendida dentro de un rango preestablecidos y no obtener proporciones de agregado grueso y fino, no convenientes.

La verificación se lleva a cabo bien sea elaborando una curva granulométrica de los agregados de que se dispone y compararla con la recomendada en la norma ASTM C33 (NTC 174), o bien tabulando. Dependiendo de si están o no dentro del rango granulométrico recomendado, la dosificación de grava y arena se puede lograr por uno de los métodos siguientes: (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 194).

- Método ACI: Se utiliza cuando los agregados cumplen con las recomendaciones granulométricas ASTM C33.
- Método de la Road Note Laboratory: Se utiliza cuando los agregados no cumplen con las recomendaciones granulométricas.

Como ya se mencionó anteriormente el agregado fino y grueso utilizado para la elaboración del diseño de mezclas del presente trabajo de investigación no cumple con las recomendaciones granulométricas descritas en la norma ASTM C33 (NTC 174) , por lo tanto se utilizó el método de la Road Note Laboratory (RNL) lo que hace necesario realizar una optimización de la granulometría.

5.3.1.8. Optimización de la granulometría. Es muy común que ni la arena ni la grava de que se dispone para elaborar el concreto cumplan con la recomendación granulométrica. Sin embargo, se puede hacer una optimización mezclando la arena y la grava que se tiene en una proporción tal, que se puedan lograr relaciones agregado fino – agregado grueso conveniente. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 198).

La gradación más usada es la de Fuller y Thompson, sin embargo las mezclas elaboradas con esta gradación tienden a ser muy ásperas debido a la deficiencia de arena. En vista a este inconveniente se han desarrollado algunos ensayos con base en los estudios de Fuller y

Thompson con el fin de encontrar un rango granulométrico que además de obtener adecuadas manejabilidades y sin segregación ni exudación proporcione altas resistencias a la compresión, se encontraron los límites indicados en la tabla N° 21.

Tabla 21

Rango granulométrico recomendado

Tamiz		Limite de los porcentajes que pasan los siguientes tamaños maximos																	
pulg	mm	90,6 mm (3 1/2")	76,1 mm (3")	64,0 mm (2 1/2")	50,8 mm (2")	38,1 mm (1 1/2")	25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	9,51 mm (3/8")									
3 1/2	90,6	100																	
3	76,1	94	91	100															
2 1/2	64,0	89	83	94	91	100													
2	50,8	82	73	87	80	92	88	100											
1 1/2	38,1	74	62	78	68	83	75	90	85	100									
1	25,4	64	50	68	55	72	60	78	68	87	80	100							
3/4	19,0	58	42	62	47	65	51	71	58	78	68	90	85	100					
1/2	12,7	50	34	53	37	57	41	62	47	68	55	78	68	87	80	100			
3/8	9,51	45	29	48	32	51	35	56	40	62	47	71	58	78	68	90	85	100	
N° 4	4,76	36	20	38	22	40	24	44	27	48	32	56	40	62	47	71	58	78	68
N° 8	2,36	28	13	30	15	32	16	34	18	38	22	44	27	48	32	55	40	61	46
N° 16	1,18	22	9	23	10	25	11	27	13	30	15	34	18	38	22	44	27	48	32
N° 30	600 μ	17	6	18	7	20	8	21	9	23	10	27	13	30	15	34	19	38	22
N° 50	300 μ	14	4	14	4	15	5	17	8	18	7	21	9	23	10	27	13	30	15
N° 100	150 μ	11	3	11	3	12	4	13	4	14	5	17	6	18	7	21	9	23	10

Fuente: Niño Hernandez, J.R, (2010), Tecnología del concreto, tabla 11.12

Después de escogida la especificación granulométrica según el tamaño máximo, se optimiza la granulometría determinando cual es la mejor mezcla de arena y de grava para lograr un concreto de buenas propiedades de manejabilidad y resistencia para un contenido de cemento dado. En la práctica, el método más utilizado es el grafico que consiste en lo siguiente:

- Se dibuja un cuadro de 10 divisiones en ordenadas y 10 divisiones en abscisas.
- Se enumeran los ejes de las ordenadas de abajo hacia arriba de 0 a 100 y los ejes de las abscisas, el superior de 0 a 100 de izquierda a derecha y el inferior de derecha a izquierda, de este modo cualquier valor de arriba sumado al correspondiente valor de abajo da 100.
- Se escoge el eje superior como eje de porcentajes de arena y el eje inferior como eje de porcentajes de grava.
- Sobre el eje de las ordenadas correspondientes al 100% de la arena se coloca la granulometría de la arena y sobre eje correspondiente al 100% de la grava se coloca la granulometría de dicho material.
- Se unen por medio de líneas rectas a puntos correspondientes a cada tamiz en las dos granulometrías. Se tienen entonces líneas inclinadas que representan los posibles porcentajes de mezcla de agregados que pueden pasar por cada uno de los tamices.
- Sobre las líneas inclinadas se colocan los puntos correspondientes a la especificación elegida.
- Se traza un eje vertical que separe los puntos hallados en igual cantidad a izquierda y derecha. A este eje le corresponde un porcentaje de arena y un porcentaje de grava que representa la mezcla óptima.

(Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 199).

5.3.1.9. Estimación del contenido de arena y grava. El contenido de grava y arena por metro cúbico de concreto se calcula en forma similar al método ACI. Como se tiene el volumen por metro cúbico de concreto del cemento, del agua y del aire, la suma de estos tres valores restándolos a 1 m³, se obtiene el volumen de las partículas de agregado mediante la siguiente ecuación:

$$V_{\text{agregado}} = 1 - (V_{\text{agua}} + V_{\text{cemento}} + V_{\text{aire}})$$

Dónde:

V_{agregado} = Volumen de las partículas de agregado

V_{agua} = Volumen de agua

V_{cemento} = Volumen de agua

V_{aire} = Volumen de aire

La densidad aparente promedio de agregados es un promedio ponderado con base en los porcentajes obtenidos del cuadro granulométrico; se calcula por medio de la siguiente expresión, debido a que los valores de la densidad de la arena y la grava son parecidos.

$$d_{\text{prom}} = (\%f) * (df) + (\%g) * (dg)$$

Dónde:

d_{prom} = Densidad aparente promedio

$\%f$ = Porcentaje de la arena, en forma decimal

df= densidad aparente de la arena

%g= Porcentaje de la grava, en forma decimal

dg= densidad aparente de la grava

Conocido el volumen del agregado y calculada la densidad aparente promedio de los mismos, puede determinarse la masa de la grava y de la arena. De donde se tiene que la masa de la grava será:

$$W_g = (d \text{ prom}) * (V_t) * (\%g)$$

Dónde:

Wg= Masa de la grava

d prom= Densidad aparente promedio

Vt= Volumen total de agregados por m³ de concreto

%g= Porcentaje de la grava, en forma decimal

Y por consiguiente la de la arena será:

$$W_f = (d \text{ prom}) * (V_t) * (\%f)$$

Dónde:

Wf= Masa de la arena

d prom= Densidad aparente promedio

V_t = Volumen total de agregados por m³ de concreto

%f= Porcentaje de la arena, en forma decimal

5.3.1.10. Ajustar la cantidad de agua por el contenido de humedad del agregado. Las partículas de agregado, debido a la porosidad de los granos, siempre tendrán algún grado de humedad. De otra parte la estimación de la cantidad de agua de mezclado, se hizo tomando como base que los agregados están en condición sss (saturada superficialmente seca). Por tal razón siempre tendrán un exceso de agua o un defecto, cantidad que no es independiente del agua de mezclado y por lo tanto se debe restar la cantidad de exceso o sumar la cantidad en defecto.

Para la determinación del sobrante o faltante de agua se puede utilizar la expresión propuesta por Diego Sánchez:

$$A = M (H \pm Abs)$$

Dónde:

A= Agua de exceso o defecto respecto a la condición sss

M= peso de la muestra seca, en kg

H= humedad del agregado en tanto por uno

Abs= Absorción del agregado en tanto por uno

La humedad se determina con la siguiente formula:

$$H = \frac{Mh - M}{M}$$

Dónde:

H= humedad de la muestra en tanto por uno

Mh= peso de la muestra húmeda en gramos

M= peso de la muestra seca, en gramos.

El cálculo de la absorción se puede lograr mediante la expresión:

$$Abs = \frac{M_{sss} - M}{M}$$

Dónde:

Abs= Absorción del agregado en tanto por uno

M= peso de la muestra seca, en gramos.

M_{sss}= peso de la muestra en estado sss, en gramos

Cuando la humedad es mayor que la absorción, indica que el agregado tiene agua en exceso y está aportando agua a la mezcla, de tal forma que hay que restarle agua a la mezcla y por lo tanto se debe usar el signo menos (-). Por el contrario, cuando la absorción es mayor que la humedad

indica que el agregado necesita más agua para llegar a la condición sss, entonces hay que agregarle agua a la mezcla puesto que hay defecto de esta, por lo tanto hay que usar el signo positivo (+) .

Como el material húmedo pesa más que el seco, la corrección de peso seco a húmedo se realiza por medio de la siguiente expresión:

$$M_h = M (1+H)$$

5.3.1.11. Ajuste a las mezclas de prueba. El diseño explicado anteriormente para calcular las proporciones de los diferentes materiales que componen el concreto, permite conocer unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas. Sin embargo, existen algunos factores de los materiales que nos detectan en los ensayos y que traen como consecuencia un concreto con propiedades algo diferentes a las esperadas. Por esto es necesario comprobar las cantidades teóricas por medio de las mezclas de prueba.

La mezcla de prueba se debe efectuar de acuerdo con la norma ASTM C31 y los ajustes de la misma se realizan siguiendo el procedimiento sugerido por el ACI. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 204).

5.3.2. Descripción del procedimiento para el diseño de mezclas de mortero. El método utilizado para la elaboración del diseño de las mezclas de mortero se basa en el cálculo de los volúmenes absolutos ocupados para cada uno de los componentes. Sin embargo, hasta el momento, no han existido procedimientos técnicos de diseño, producción y control que garanticen una buena calidad de este material, como si se tienen para el concreto.

Para la realización del diseño de los morteros que se empleó en el presente trabajo de investigación se utilizó el procedimiento llevado a cabo por el ingeniero Gerardo Rivera en el laboratorio de materiales de la facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca, el cual tomo como principal referencia la nota técnica N° 12 del ICPC (Método práctico para dosificar mezclas de concreto).

Antes de proceder a dosificar un mortero, deben conocerse ciertos datos de la obra a realizar como también de las propiedades de los materiales que se van a emplear en la construcción para preparar el mortero. (Rivero G.A. concreto simple, dosificación de morteros, pag 199)

Para obtener las proporciones de la mezcla del mortero que cumpla con las características deseadas, con los materiales disponibles se prepara una primera mezcla de prueba teniendo como base unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo el orden que a continuación se indica:

- Selección de la fluidez
- Resistencia de dosificación
- Contenido de Cemento
- Contenido de agua
- Calculo de volumen de arena
- Contenido de arena

5.3.2.1. Selección de la Fluidez. La fluidez requerida por el mortero se escogerá de acuerdo con las especificaciones de la obra, como lo describe la tabla N° 22.

Tabla 22

Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación

% Fluidez(mesa de flujo)	Consistencia	Tipo de estructura	Condiciones de colocación	Sistema de colocación
80 - 100	Dura (seca)	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Secciones sujetas a vibración	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
100 - 120	Media (plástica)	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Sin vibración	Manual con palas y palustres.
120 - 150	Fluida (húmeda)	Rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Sin vibración	Manual, bombeo, inyección.

Fuente: Rivera G.A, Concreto simple, tabla 9.1

5.3.2.2. Resistencia de dosificación. El mortero debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia promedio lo suficientemente alta, minimizando la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo de la resistencia tomada para el diseño. Las resistencias tomadas para el diseño se muestran a continuación: (Ver tabla 23)

Tabla 23

Resistencias tomadas para el diseño.

Tipo de Estructura	Resistencia de diseño
Revoque	75 Kg/Cm ²
Mamposteria (pega de ladrillos)	125 Kg/cm ²
Antepisos	140 Kg/cm ²

Fuente: Autores del proyecto

5.3.2.3. Contenido de cemento. Para el cálculo del contenido de cemento se utilizan tres figuras, de las cuales las figuras 26 y 27 fueron obtenidos de la investigación realizada por el ingeniero Rodrigo Salamanca y la figura 28 obtenido por el ingeniero Josué Galvis en su investigación “diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales”, para obtener este dato se debe conocer la resistencia esperada a los 28 días y su manejabilidad; las figuras 26 y 28 son para morteros plásticos, con una fluidez entre 100 y 115% y la figura 27 es para morteros medianamente fluidos.

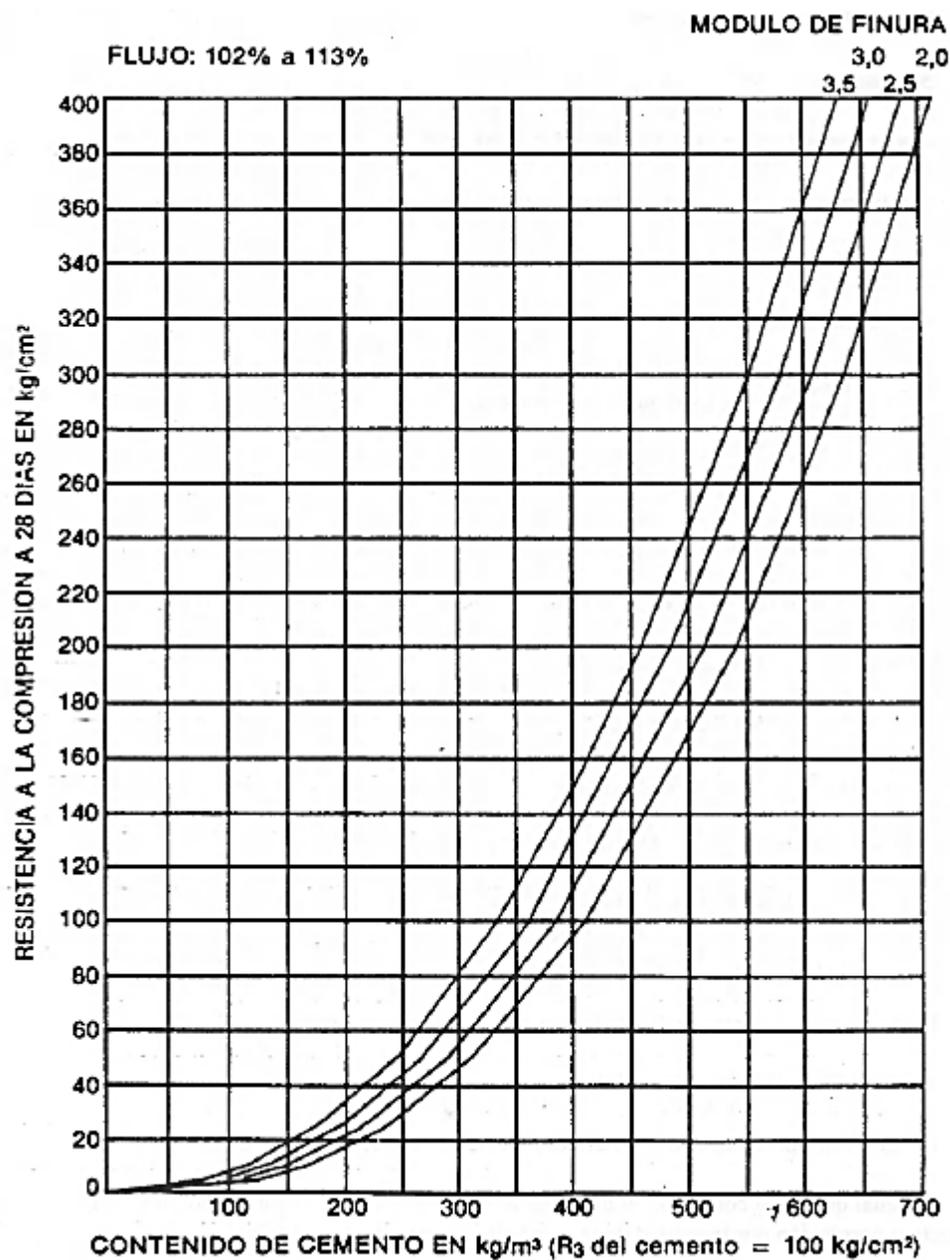


Figura 26. Determinación del contenido de cemento mortero seco.

Fuente: Salamanca Rodrigo, morteros, Grafico 10.

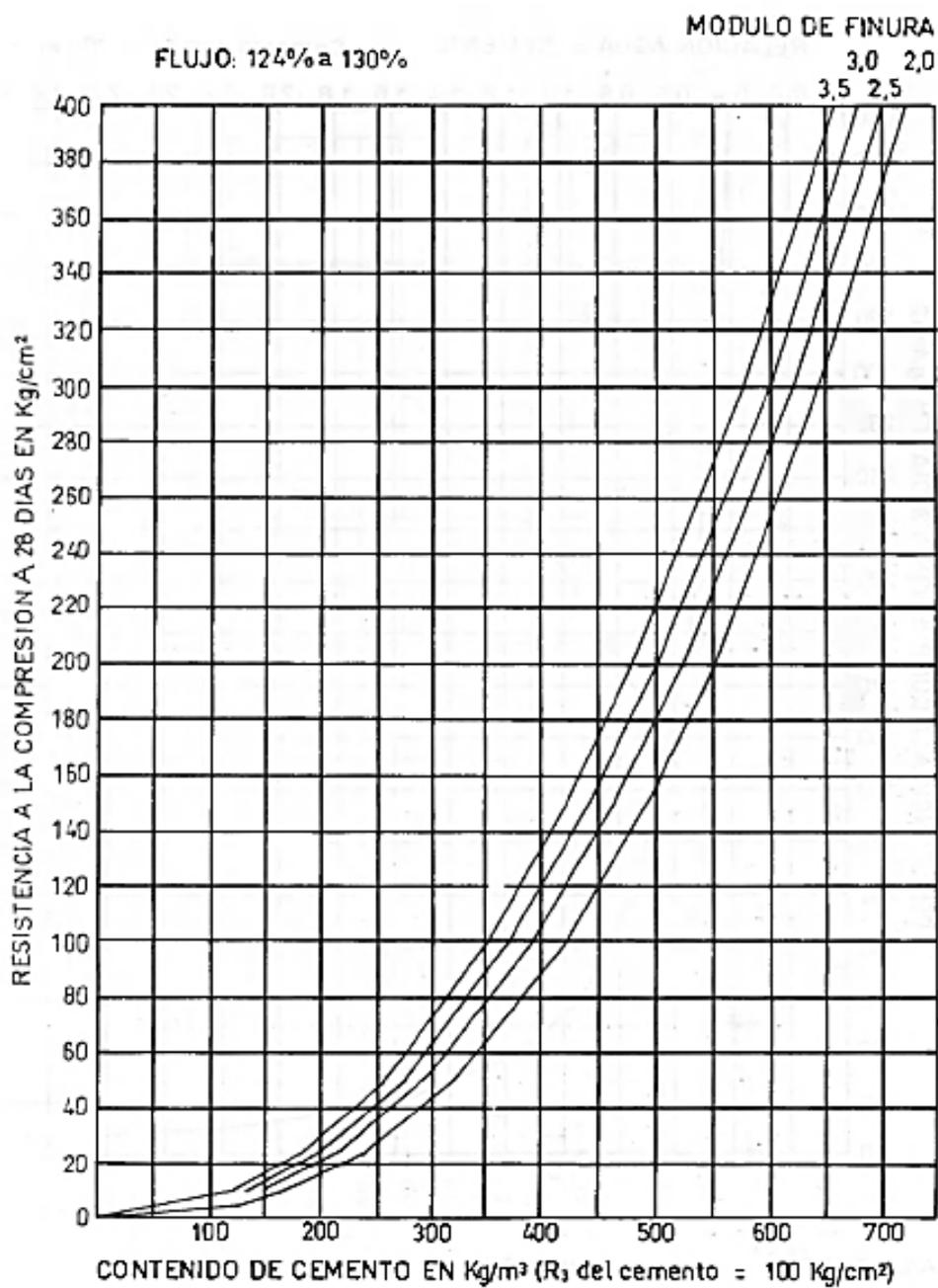


Figura 27. Determinación del contenido de cemento mortero húmedo.

Fuente: Salamanca Rodrigo, morteros, Grafico 11.

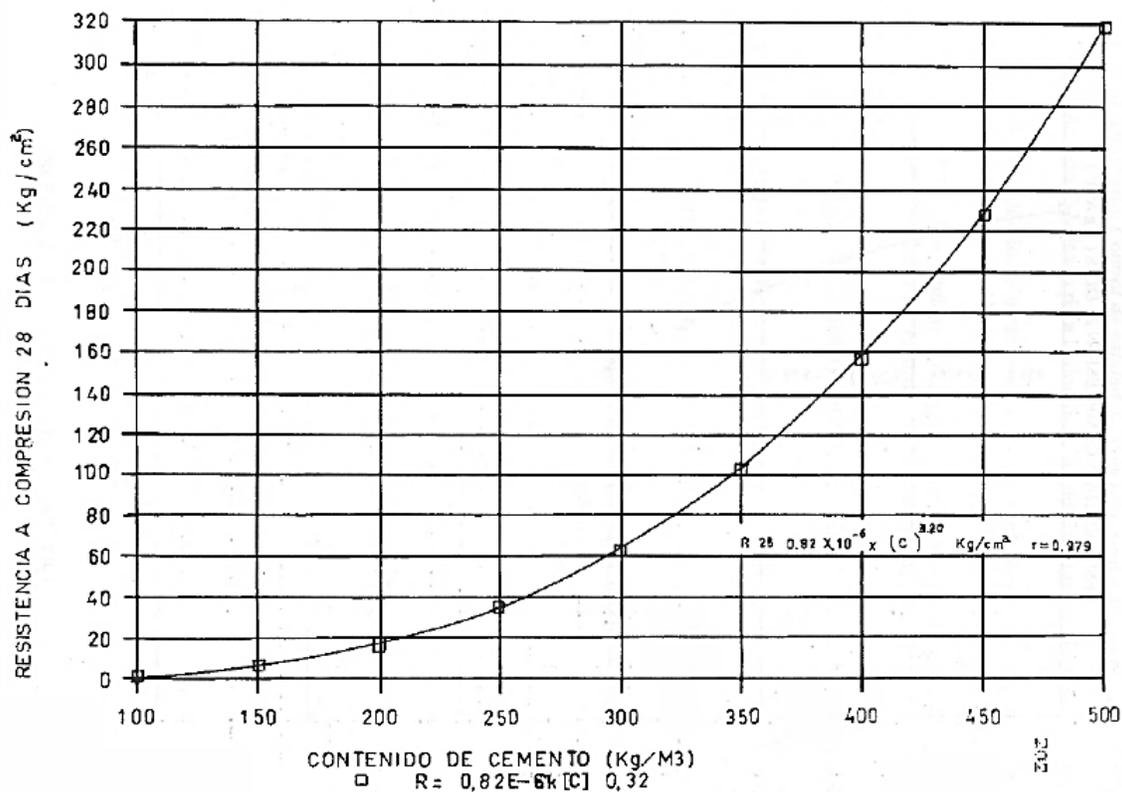


Figura 28. Determinación del contenido de cemento.

Fuente: Galvis Ramos, J, Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales, Grafico 13.

5.3.2.4. Contenido de agua. Para el cálculo del contenido de agua existen dos figuras, que se encuentran en la investigación del ingeniero Salamanca, el cual trae la relación agua-cemento y conocida esta y el contenido de cemento (Ver figura 29), se puede encontrar la cantidad de agua y la figura 30 que pertenece a la investigación del ingeniero Galvis, también trae la relación agua-cemento Vs resistencia a los 28 días.

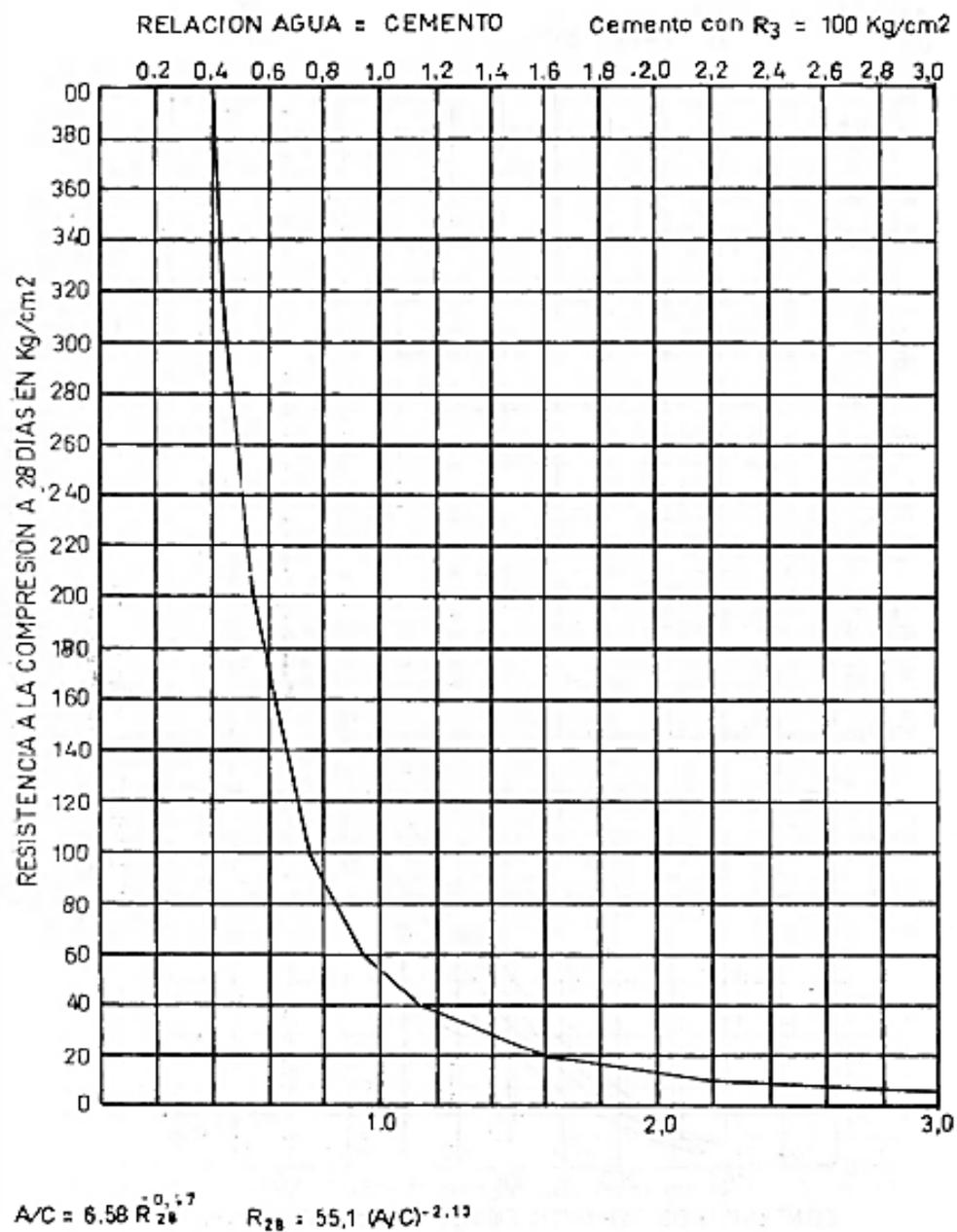


Figura 29. Determinación del contenido de cemento.

Fuente: Salamanca Rodrigo, morteros, Grafico 12.

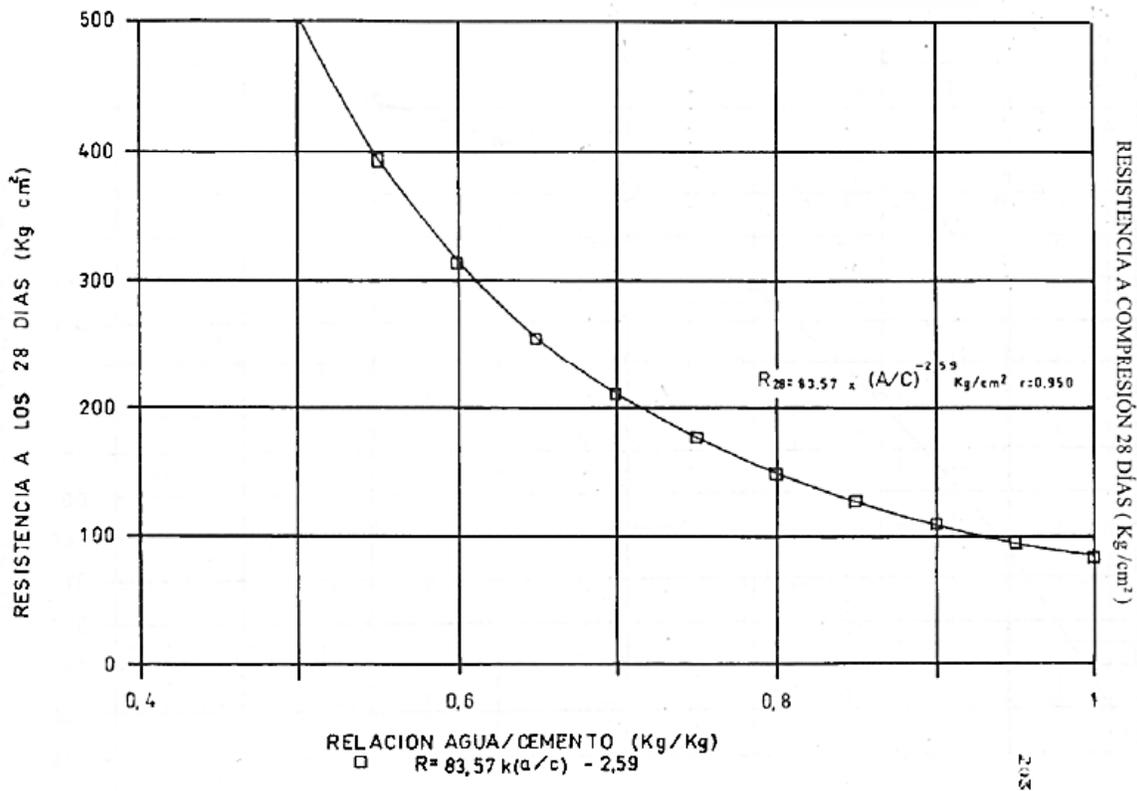


Figura 30. Determinación relación agua – cemento.

Fuente: Galvis Ramos, J, Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales, Grafico 14.

Luego de conocer la relación agua cemento utilizando uno de los gráficos anteriores y la cantidad de cemento se procede a calcular la cantidad de agua, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Agua} = \text{relación agua-cemento} * \text{cantidad de cemento}$$

5.3.2.5. Calculo del volumen de arena. Para calcular el volumen de arena se resta a 1 m³ de mortero, el volumen de cemento, de agua y de aire incluido.

$$V_{\text{arena}} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}})$$

Con el fin de obtener los valores necesarios se deben conocer datos de ensayos de laboratorio como lo son la densidad del cemento, peso específico de la arena saturada y superficialmente seca y el peso unitario suelto de la arena.

El cálculo del volumen del cemento se hace con la siguiente expresión:

$$V_{\text{cemento}} = \frac{\text{Cantidad del cemento}}{\text{Densidad del cemento}}$$

Para el volumen de agua se utiliza el dato anteriormente calculado y se convierte a metros cúbicos. El volumen de aire incluido es de 3.5% aproximadamente y se refiere a la cantidad de aire que en forma de burbujas queda atrapado en la masa del mortero una vez compactado.

5.3.2.6. Contenido de arena. El dato del contenido de arena se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Masa de la arena} = V_{\text{arena}} * \text{Densidad sss de la arena}$$

Seguido de obtener este dato se divide entre la masa unitaria suelta de la arena y se procede a calcular la dosificación indicada para cada tipo de mortero, la siguiente tabla (ver tabla N^a 24) resume las diferentes proporciones de los morteros usados en Colombia, los cuales son utilizados como una guía para las nuevas dosificaciones que se obtengan de los diseños.

Tabla 24

Usos de los morteros de cemento.

Mortero	Usos
1:1.	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2.	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos
1:3.	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4.	Pega para ladrillo en muros y baldosines. Pañetes finos
1:5.	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: Gutiérrez de López, L, Diseño de morteros, tabla N^o 27.

5.3.3. Diseño de mezclas de concreto. Una vez realizados los ensayos de laboratorio a cada material se procede a la elaboración del diseño de mezclas, basado en el libro Tecnología del Concreto – tomo I del autor Jairo René Niño Hernandez, allí se describe cada uno de los pasos que se deben seguir con el fin de obtener la dosificación más práctica.

Debido a que la especificaciones granulométricas no cumplen con lo establecido en la norma ASTM C33 para la utilización del método ACI en el diseño de concretos, se hace necesario adoptar el método alternativo Road Note Laboratory (RNL) en el cual se debe realizar una optimización de la granulometría mezclando arena y grava, que se tienen en una proporción indicada, logrando que las relaciones agregado fino – agregado grueso sean convenientes.

Para el concreto se realizaran tres diseños de mezclas, debido a que cada una de ellas tendrá una resistencia diferente, se elaboraran mezclas que alcancen resistencias de 3500 psi, 3000 psi y 2500 psi donde cada una de ellas se tendrán en cuenta para la construcción de diferentes tipos de elementos estructurales.

Para la elaboración del diseño de mezclas de concreto se tiene en cuenta el procedimiento anteriormente mencionado.

5.3.3.1. Diseño de mezcla para la resistencia de 3500 Psi. A continuación se muestran los datos obtenidos en la elaboración del diseño de mezclas, con el fin de obtener la dosificación más económica y práctica para la resistencia de 3500 psi.

• **Elección de asentamiento.** Para este ítem se tuvo en cuenta lo descrito en la tabla 15 del presente capítulo, siguiendo los parámetros establecidos para la elección del asentamiento, siendo estos la consistencia, el grado de trabajabilidad, el tipo de estructura y las condiciones de

colocación; por esta razón se eligió un asentamiento entre un rango de 5 – 10 cm, el cual es recomendado para elementos de construcción como losas reforzadas, con mediana compactación, columnas, vigas, fundaciones y muros reforzados con vibración.

- **Elección del tamaño máximo nominal (TMN).** Este valor se obtuvo de los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso, el cual es el de la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. Siendo el TMN de $\frac{3}{4}$ " (19mm).

- **Estimación del contenido de aire.** Teniendo en cuenta la tabla 17 del presente capítulo, para un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " se obtuvo un contenido de aire atrapado de 2%.

- **Estimación de la cantidad de agua de mezclado.** Según los parámetros expuestos en la tabla 18 del presente capítulo, se tiene que para un contenido de aire atrapado del 2%, un asentamiento máximo de 10 cm y considerando que el concreto no tiene aire incluido, se obtiene que la cantidad de agua de mezclado es 200 kg/m^3 .

- **Elección de la relación agua/ cemento.** Para la elección de la relación a/c se tuvo en cuenta la tabla 19, se adoptó un valor de resistencia a la compresión a los 28 días de 3500 psi y considerando que el concreto es sin inclusor de aire se obtiene un valor de 0.50 para la relación agua /cemento.

• **Calculo del contenido de cemento.** Una vez obtenidos los datos del contenido de agua y la relación agua/cemento se procede al cálculo de la cantidad de cemento mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{a}{a/c}$$

$$C = \frac{200 \text{ kg/m}^3}{0.50}$$

$$C = 400 \text{ kg/m}^3$$

De lo anterior se obtiene 400 Kg de cemento por metro cubico de concreto.

Seguido de esto se calcula el volumen por metro cubico de cemento, mediante la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{C}{D_c}$$

$$V_c = \frac{400 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_c = 0,128 \text{ m}^3$$

El volumen de cemento por metro cubico obtenido es de $0,128 \text{ m}^3$

• **Verificaciones de las especificaciones granulométricas.** Como se puede observar en la tabla 8 (Resultados del análisis granulométrico del agregado fino) y la tabla 20 (Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso), el grafico que describe la granulometría de los agregados no cumple con las recomendaciones que se establecen en la NTC 174, debido a que esta no se encuentra dentro de los límites, es por esta razón que se debe realizar una optimización de la granulometría.

• **Optimización de la granulometría.** Ya que los agregados no cumplen con las recomendaciones granulométricas se realiza un ajuste teniendo en cuenta la tabla 20 (Rango granulométrico recomendado), tomando un tamaño máximo de 1". En la tabla 25 se muestra el rango escogido teniendo en cuenta el tamaño máximo.

Tabla 25

Rango granulométrico recomendado según el tamaño máximo.

TAMIZ		Limite Porcentual	
Pulg	mm	Superior	Inferior
1	25,4	100	100
¾	19	90	85
½	12,7	78	68
3/8	9,51	71	58
No. 4	4,76	56	40
No. 8	2,36	44	27
No. 16	1,18	34	18
No. 30	0,6	27	13
No. 50	0,3	21	9
No. 100	0,15	17	6

Fuente: Niño Hernandez, J.R, (2010), Tecnología del concreto, tabla 11.12

Una vez escogida la especificación granulométrica, se procede a determinar la mejor mezcla de arena y grava para lograr un concreto de buenas propiedades de manejabilidad y resistencia para un contenido de cemento dado, esto se realiza con el método grafico que se mostrara a continuación: (Ver figura 31)

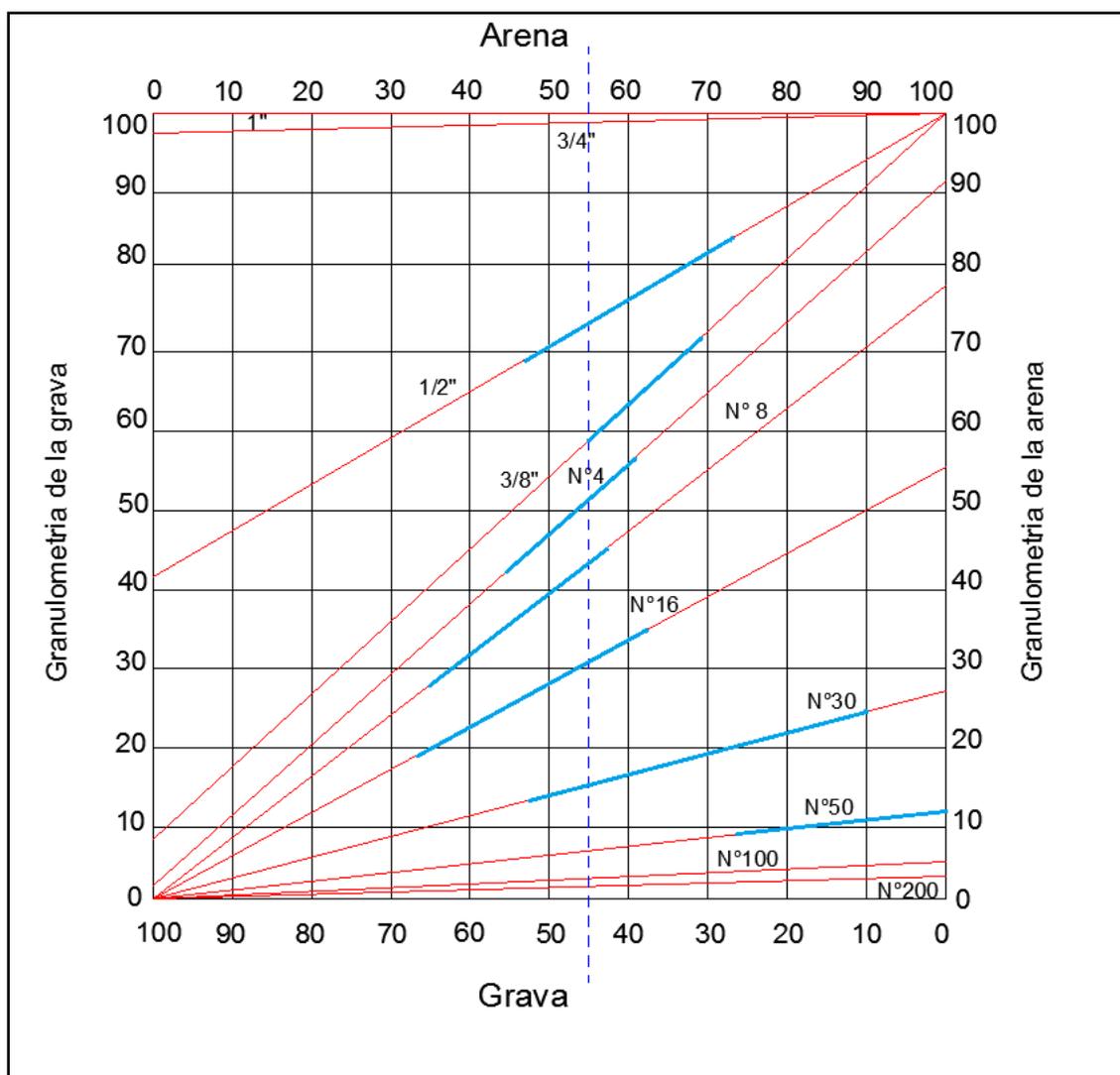


Figura 31. Método grafico de la optimización de la granulometría

Tabla 26

Optimización granulométrica

TAMIZ		% PASA		Granulometría óptima
Pulg	Mm	Grava 45%	Arena 55%	
1	25,4	100	100	100
3/4	19	98,98	100	99,54
1/2	12,7	40,43	100	73,19
3/8	9,51	8,64	100	58,89
No. 4	4,76	1,63	91,65	51,14
No. 8	2,36	0	78,95	43,42
No. 16	1,18	0	55,58	30,57
No. 30	0,6	0	28,49	15,67
No. 50	0,3	0	10,74	5,91
No. 100	0,15	0	4,88	2,68
No. 200	0,075	0	3,56	1,96

Fuente: Autores del proyecto

Mediante el método gráfico se determinó que la combinación adecuada para la granulometría es 45% grava y 55% arena. La granulometría óptima con la que se va a realizar el diseño de mezclas se muestra en la tabla 26.

• **Estimación del contenido de arena y grava.** Inicialmente se calcula el volumen de agregado mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{agregado}} = 1 - (V_{\text{agua}} + V_{\text{cemento}} + V_{\text{aire}})$$

$$V_{\text{agregado}} = 1 - (0,2 + 0,128 + 0,02)$$

$$V_{\text{agregado}} = 0,652 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ de concreto}$$

Seguido de esto se realiza el promedio de la densidad aparente de agregado fino y agregado grueso, debido a que estos datos son parecidos esto se hace de la siguiente manera:

$$D_{prom} = \% \text{ arena} * d_{arena} + \% \text{ grava} * d_{grava}$$

$$D_{prom} = 0.55 * 2670 + 0.45 * 2650$$

$$D_{prom} = 2661 \text{ Kg/m}^3$$

Pesos secos de la grava y la arena por m³.

Para la grava:

$$W_g = (d_{prom}) * (V_t) * (\%g)$$

$$W_g = 2661 * 0,652 * 0,45$$

$$W_g = 780,74 \text{ Kg}$$

Para la arena:

$$W_f = (d_{prom}) * (V_t) * (\%f)$$

$$W_f = 2661 * 0,652 * 0,55$$

$$W_f = 954,23 \text{ Kg}$$

• **Ajuste por humedad.** Debido a que los agregados se utilizaran con una humedad del 0%, solo se le realizara un ajuste por absorción teniendo en cuenta las propiedades de cada uno de ellos. (Ver tabla 27)

Tabla 27

Propiedades de los agregados

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso
% Absorción	2,40%	1,49%
% Humedad	0	0
Densidad	2670	2650

Fuente: Autores del proyecto

Para la determinación del sobrante o faltante de agua se puede utilizar la expresión propuesta por Diego Sánchez:

$$A = M (H \pm \text{Abs})$$

- Agua faltante para la grava

$$A = 780,74 (0\% + 1,49\%)$$

$$A = 11,63 \text{ Kg}$$

- Agua faltante para la arena

$$A = 954,23 (0\% + 2,4\%)$$

$$A = 22,90 \text{ Kg}$$

A continuación se calcula la cantidad total de agua de mezclado para 1 metro cubico de concreto:

$$\text{Agua total} = 200 + 11,63 + 22,90$$

$$\text{Agua total} = 234,53 \text{ Kg}$$

En la tabla 28 se muestran los datos obtenidos en los cálculos anteriores, los cuales son fundamentales para obtener la dosificación indicada para que la mezcla alcance la resistencia de 3500 psi.

Tabla 28

Cantidades y dosificación de la mezcla de 3500psi.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA 1 m ³			
Cemento	Agua	Arena	Grava
400	234,53	954,23	780,74
DOSIFICACION			
Cemento	Agua	Arena	Grava
1	0,59	2,39	1,95

Fuente: Autores del proyecto

- **Ajuste a las mezclas de prueba.** Una vez obtenida la dosificación se realiza el ensayo de asentamiento según la norma del instituto nacional de vías (INV 404 – 07), el cual debe estar en el rango establecido en el primer paso del diseño de mezclas (5–10 cm), si al realizar el ensayo no se obtiene un valor que cumpla esta condición se debe realizar un ajuste.

Para esta mezcla, al realizar el ensayo se obtuvo un asentamiento de 6,2 cm lo que indica que está cumpliendo con el rango que se eligió, por tal motivo no se realiza el ajuste de la mezcla.

5.3.3.2. Diseño de mezcla para la resistencia de 3000 Psi. Para la elaboración de este diseño de mezclas se omitirán algunos cálculos debido a que los resultados que se obtendrán son los mismos que para la resistencia de 3500 psi, entre ellos están la elección del asentamiento donde se toma el rango de 5 – 10 cm, el tamaño máximo nominal sigue siendo de $\frac{3}{4}$ ” ya que este se obtuvo del análisis granulométrico del agregado grueso, el contenido de aire atrapado es del 2% y la cantidad de agua de mezclado según los datos establecidos en la tabla 18 es de 200 Kg/m³. Se obtienen valores diferentes a partir de la relación agua/cemento ya que esta se elige teniendo en cuenta la resistencia de diseño.

- **Elección de la relación agua/ cemento.** Para la elección de la relación a/c se tuvo en cuenta la tabla 19, se adoptó un valor de resistencia a la compresión a los 28 días de 3000 psi y considerando que el concreto es sin inductor de aire se obtiene un valor de 0.56.

• **Calculo del contenido de cemento.** Una vez obtenidos los datos del contenido de agua y la relación agua/cemento se procede al cálculo de la cantidad de cemento mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{a}{a/c}$$

$$C = \frac{200 \text{ kg/m}^3}{0.56}$$

$$C = 357,14 \text{ kg/m}^3$$

De lo anterior se obtiene 357,14 Kg de cemento por metro cubico de concreto.

Seguido de esto se calcula el volumen por metro cubico de cemento, mediante la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{C}{D_c}$$

$$V_c = \frac{357,14 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_c = 0,114 \text{ m}^3$$

El volumen de cemento por metro cubico obtenido es de $0,114 \text{ m}^3$

- **Verificaciones de las especificaciones granulométricas.** Como se mencionó anteriormente, se debe realizar una optimización de la granulometría debido a que esta no cumple con las recomendaciones de la NTC 174, la cual se realiza mediante el método gráfico con el fin de calcular la mejor mezcla de arena y grava para lograr un concreto de buenas propiedades de manejabilidad y resistencia, con este método se determinó que la combinación adecuada para la granulometría es 45% grava y 55% arena.

- **Estimación del contenido de arena y grava.** Inicialmente se calcula el volumen de agregado mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{agregado}} = 1 - (V_{\text{agua}} + V_{\text{cemento}} + V_{\text{aire}})$$

$$V_{\text{agregado}} = 1 - (0,2 + 0,114 + 0,02)$$

$$V_{\text{agregado}} = 0,666 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ de concreto}$$

Seguido de esto se realiza el promedio de la densidad aparente de agregado fino y agregado grueso, debido a que estos datos son parecidos esto se hace de la siguiente manera:

$$D_{\text{prom}} = \% \text{ arena} * d_{\text{arena}} + \% \text{ grava} * d_{\text{grava}}$$

$$D_{\text{prom}} = 0.55 * 2670 + 0.45 * 2650$$

$$D_{\text{prom}} = 2661 \text{ Kg/m}^3$$

Pesos secos de la grava y la arena por m³.

Para la grava:

$$W_g = (d \text{ prom}) * (V_t) * (\%g)$$

$$W_g = 2661 * 0,666 * 0,45$$

$$W_g = 797,50 \text{ Kg}$$

Para la arena:

$$W_f = (d \text{ prom}) * (V_t) * (\%f)$$

$$W_f = 2661 * 0,666 * 0,55$$

$$W_f = 974,72 \text{ Kg}$$

• **Ajuste por humedad.** Debido a que los agregados se utilizaran con una humedad del 0%, solo se le realizara un ajuste por absorción teniendo en cuenta las propiedades de cada uno de ellos.

Para la determinación del sobrante o faltante de agua se puede utilizar la expresión propuesta por Diego Sánchez:

$$A = M (H \pm \text{Abs})$$

- Agua faltante para la grava

$$A = 797,50 (0\% + 1,49\%)$$

$$A = 11,88 \text{ Kg}$$

- Agua faltante para la arena

$$A = 974,72 (0\% + 2,4\%)$$

$$A = 23,39 \text{ Kg}$$

A continuación se calcula la cantidad total de agua de mezclado para 1 metro cubico de concreto:

$$\text{Agua total} = 200 + 11,88 + 23,39$$

$$\text{Agua total} = 235,27 \text{ Kg}$$

En la tabla 29 se muestran los datos obtenidos en los cálculos anteriores, los cuales son fundamentales para obtener la dosificación indicada para que la mezcla alcance la resistencia de 3000 psi. Esta dosificación genera una mezcla con excelentes condiciones de manejabilidad, adherencia, resistencia; entre otras.

Tabla 29

Cantidades y dosificación de la mezcla de 3000psi.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA 1 m ³			
Cemento	Agua	Arena	Grava
357,14	235,27	974,72	797,50
DOSIFICACION			
Cemento	Agua	Arena	Grava
1	0,66	2,73	2,23

Fuente: Autores del proyecto

• **Ajuste a las mezclas de prueba.** Una vez obtenida la dosificación se realiza el ensayo de asentamiento según la norma del instituto nacional de vías (INV 404 – 07), el cual debe estar en el rango establecido en el primer paso del diseño de mezclas (5–10 cm), si al realizar el ensayo no se obtiene un valor que cumpla esta condición se debe realizar un ajuste.

Para esta mezcla, al realizar el ensayo se obtuvo un asentamiento de 6,5 cm lo que indica que está cumpliendo con el rango que se eligió, por tal motivo no se realiza el ajuste de la mezcla.

5.3.3.3. Diseño de mezcla para la resistencia de 2500 Psi. Los datos obtenidos para la elección del asentamiento, el tamaño máximo nominal (TMN), contenido de aire y contenido de agua de mezclado siguen siendo los mismos que fueron obtenidos para la resistencia de 3500 psi y 3000 psi.

• **Elección de la relación agua/ cemento.** Para la elección de la relación a/c se tuvo en cuenta la tabla 19, con un valor de resistencia a la compresión a los 28 días de 2500 psi y considerando que el concreto es sin inductor de aire se obtiene un valor de 0.63 para la relación agua /cemento.

• **Calculo del contenido de cemento.** Una vez obtenidos los datos del contenido de agua y la relación agua/cemento se procede al cálculo de la cantidad de cemento mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{a}{a/c}$$

$$C = \frac{200 \text{ kg/m}^3}{0.62}$$

$$C = 322,58 \text{ kg/m}^3$$

De lo anterior se obtiene 322,58 Kg de cemento por metro cubico de concreto.

Seguido de esto se calcula el volumen por metro cubico de cemento, mediante la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{C}{D_c}$$

$$V_c = \frac{322,58 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_c = 0,103 \text{ m}^3$$

El volumen de cemento por metro cubico obtenido es de $0,103 \text{ m}^3$

• **Verificaciones de las especificaciones granulométricas.** Como se mencionó anteriormente, se debe realizar una optimización de la granulometría debido a que esta no cumple con las recomendaciones de la NTC 174, la cual se realiza mediante el método gráfico con el fin de calcular la mejor mezcla de arena y grava para lograr un concreto de buenas propiedades de manejabilidad y resistencia, con este método se determinó que la combinación adecuada para la granulometría es 45% grava y 55% arena.

• **Estimación del contenido de arena y grava.** Inicialmente se calcula el volumen de agregado mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{agregado}} = 1 - (V_{\text{agua}} + V_{\text{cemento}} + V_{\text{aire}})$$

$$V_{\text{agregado}} = 1 - (0,2 + 0,103 + 0,02)$$

$$V_{\text{agregado}} = 0,677 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ de concreto}$$

Seguido de esto se realiza el promedio de la densidad aparente de agregado fino y agregado grueso, debido a que estos datos son parecidos esto se hace de la siguiente manera:

$$D_{prom} = \% \text{ arena} * d_{arena} + \% \text{ grava} * d_{grava}$$

$$D_{prom} = 0.55 * 2670 + 0.45 * 2650$$

$$D_{prom} = 2661 \text{ Kg/m}^3$$

Pesos secos de la grava y la arena por m³.

Para la grava:

$$W_g = (d_{prom}) * (V_t) * (\%g)$$

$$W_g = 2661 * 0,677 * 0,45$$

$$W_g = 810,67 \text{ Kg}$$

Para la arena:

$$W_f = (d_{prom}) * (V_t) * (\%f)$$

$$W_f = 2661 * 0,6 * 0,55$$

$$W_f = 990,82 \text{ Kg}$$

• **Ajuste por humedad.** Debido a que los agregados se utilizaran con una humedad del 0%, solo se le realizara un ajuste por absorción teniendo en cuenta las propiedades de cada uno de ellos.

Para la determinación del sobrante o faltante de agua se puede utilizar la expresión propuesta por Diego Sánchez:

$$A = M (H \pm Abs)$$

- Agua faltante para la grava

$$A = 810,67 (0\% + 1,49\%)$$

$$A = 12,08 \text{ Kg}$$

- Agua faltante para la arena

$$A = 990,82 (0\% + 2,4\%)$$

$$A = 23,78 \text{ Kg}$$

A continuación se calcula la cantidad total de agua de mezclado para 1 metro cubico de concreto:

$$\text{Agua total} = 200 + 12,08 + 23,78$$

$$\text{Agua total} = 235,86 \text{ Kg}$$

En la tabla 30 se muestran los datos obtenidos en los cálculos anteriores, los cuales son fundamentales para obtener la dosificación indicada para que la mezcla alcance la resistencia de 2500 psi.

Tabla 30

Cantidades y dosificación de la mezcla de 2500psi.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA 1 m ³			
Cemento	Agua	Arena	Grava
322,58	235,86	990,82	810,67
DOSIFICACION			
Cemento	Agua	Arena	Grava
1	0,73	3,07	2,51

Fuente: Autores del proyecto

• **Ajuste a las mezclas de prueba.** Una vez obtenida la dosificación se realiza el ensayo de asentamiento según la norma del instituto nacional de vías (INV 404 – 07), el cual debe estar en el rango establecido en el primer paso del diseño de mezclas (5–10 cm), si al realizar el ensayo no se obtiene un valor que cumpla esta condición se debe realizar un ajuste.

Para esta mezcla, al realizar el ensayo se obtuvo un asentamiento de 6 cm lo que indica que está cumpliendo con el rango que se eligió, por tal motivo no se realiza el ajuste de la mezcla.

5.3.4. Diseño de mezclas de mortero. Para la elaboración del diseño de las mezclas de mortero se utilizó el procedimiento llevado a cabo por el ingeniero Gerardo Rivera en el laboratorio de materiales de la facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca.

Cabe mencionar que al igual que el concreto se elaboraran tres diseños de mezclas, esto debido a que se desea conocer la dosificación adecuada para morteros de diferentes usos estructurales como lo son: Antepisos con una resistencia de 140 Kg/cm^2 , pega de ladrillos con resistencia de 125 Kg/cm^2 y revoque el cual debe cumplir con una resistencia de diseño de 75 Kg/cm^2 .

Para el desarrollo del diseño de los diferentes tipos de morteros se utilizó el procedimiento que se mencionó anteriormente.

5.3.4.1. Diseño de mezclas para antepisos.

• **Selección de la fluidez.** El tipo de estructura para el que se desarrollará el diseño de mezcla es antepisos. La fluidez se determinará teniendo en cuenta la tabla 21, en la cual el parámetro fundamental que se debe conocer es el tipo de estructura. Para este diseño de mortero el porcentaje de fluidez está comprendido en el rango de 120% y 150%.

• **Resistencia de dosificación.** Para este tipo de estructura (antepisos) se estableció una resistencia de diseño de 140 kg/cm^2 .

• **Contenido de cemento.** Teniendo en cuenta el grafico 2 se determinó el contenido de cemento, del cual se obtuvo un valor de 410 kg/m^3 .

• **Contenido de agua.** Para determinar el contenido de agua, primero se estableció la relación agua/cemento mediante el grafico 4. Para una resistencia de 140 kg/cm^2 la relación agua/cemento es 0,67.

Luego de conocer la relación agua cemento se procede a calcular la cantidad de agua, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Agua} = \text{relación agua-cemento} * \text{cantidad de cemento}$$

$$\text{Agua} = 0,67 * 410 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 274,7 \text{ kg}$$

• **Calculo del volumen de arena.** Para calcular el volumen de arena desarrollamos la siguiente expresión:

$$V_{\text{arena}} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}})$$

Inicialmente se realiza el cálculo de cada volumen.

- Volumen de cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{\text{Cantidad del cemento}}{\text{Densidad del cemento}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{415 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{cemento}} = 0,1314 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua.

$$V_{\text{agua}} = \frac{274,7 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{agua}} = 0,275 \text{ m}^3$$

- Volumen de aire. El volumen de aire incluido es de 3.5% aproximadamente y se refiere a la cantidad de aire que en forma de burbujas queda atrapado en la masa del mortero una vez compactado.

Luego de tener estos valores, hallamos el volumen de arena:

$$V_{\text{arena}} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}})$$

$$V_{\text{arena}} = 1 - (0,1314 + 0,275 + 0,035)$$

$$V_{\text{arena}} = 0,559 \text{ m}^3$$

• **Contenido de arena.** El dato del contenido de arena se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Masa de la arena} = V_{\text{arena}} * \text{Densidad sss de la arena}$$

$$\text{Masa de la arena} = 0,559 \text{ m}^3 * 2570 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Masa de la arena} = 1436,35 \text{ kg}$$

En la tabla 31 se muestran los datos obtenidos en los cálculos anteriores, los cuales son fundamentales para obtener la dosificación indicada para que la mezcla alcance la resistencia de 140 kg/cm^2 y brinde un eso estructural específico.

Tabla 31

Cantidades y dosificación de la mezcla de antepisos.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA 1m		
Cemento (Kg)	Agua (Kg)	Arena (Kg)
410	274,7	1436,35
DOSIFICACION		
Cemento	Agua	Arena
1	0,67	3,5

Fuente: Autores del proyecto

5.3.4.2. Diseño de mezclas para pega de ladrillo.

• **Selección de la fluidez.** El tipo de estructura para el que se desarrollará el diseño de mezcla es pega de ladrillo. La fluidez se determinará teniendo en cuenta la tabla 21, en la cual el parámetro fundamental que se debe conocer es el tipo de estructura. Para este diseño de mortero el porcentaje de fluidez está comprendido en el rango de 100% y 120%.

• **Resistencia de dosificación.** Para este tipo de estructura (pega de ladrillo) se estableció una resistencia de diseño de 125 kg/cm^2 .

• **Contenido de cemento.** Teniendo en cuenta el grafico 1 se determinó el contenido de cemento, del cual se obtuvo un valor de 390 kg/m^3 .

• **Contenido de agua.** Para determinar el contenido de agua, primero se estableció la relación agua/cemento mediante el grafico 4. Para una resistencia de 125 kg/cm^2 la relación agua/cemento es 0,71.

Luego de conocer la relación agua cemento se procede a calcular la cantidad de agua, mediante la siguiente expresión:

Agua = relación agua-cemento * cantidad de cemento

$$\text{Agua} = 0,71 * 390 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 276,9 \text{ kg}$$

• **Calculo del volumen de arena.** Para calcular el volumen de arena desarrollamos la siguiente expresión:

$$V_{\text{arena}} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}})$$

Inicialmente se realiza el cálculo de cada volumen.

- Volumen de cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{\text{Cantidad del cemento}}{\text{Densidad del cemento}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{390 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{cemento}} = 0,125 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua.

$$V_{\text{agua}} = \frac{276,9 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{agua}} = 0,277 \text{ m}^3$$

- Volumen de aire. El volumen de aire incluido es de 3.5% aproximadamente y se refiere a la cantidad de aire que en forma de burbujas queda atrapado en la masa del mortero una vez compactado.

Luego de tener estos valores, hallamos el volumen de arena:

$$V_{\text{arena}} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}})$$

$$V_{\text{arena}} = 1 - (0,125 + 0,277 + 0,035)$$

$$V_{\text{arena}} = 0,5631 \text{ m}^3$$

• **Contenido de arena.** El dato del contenido de arena se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Masa de la arena} = V_{\text{arena}} * \text{Densidad sss de la arena}$$

$$\text{Masa de la arena} = 0,5631 \text{ m}^3 * 2570 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Masa de la arena} = 1447,17 \text{ kg}$$

En la tabla 32 se muestran los datos obtenidos en los cálculos anteriores, los cuales son fundamentales para obtener la dosificación indicada para que la mezcla alcance la resistencia de 125 kg/cm^2 y brinde un eso estructural específico.

Tabla 32

Cantidades y dosificación de la mezcla de pega de ladrillo.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA 1m		
Cemento (Kg)	Agua (Kg)	Arena (Kg)
390	276,9	1447,17
DOSIFICACION		
Cemento	Agua	Arena
1	0,71	3,71

Fuente: Autores del proyecto

5.3.4.3. Diseño de mezclas para revoque.

• **Selección de la fluidez.** El tipo de estructura para el que se desarrollará el diseño de mezcla es revoque. La fluidez se determinará teniendo en cuenta la tabla 21, en la cual el parámetro fundamental que se debe conocer es el tipo de estructura. Para este diseño de mortero el porcentaje de fluidez está comprendido en el rango de 100% y 120%.

• **Resistencia de dosificación.** Para este tipo de estructura (revoque) se estableció una resistencia de diseño de 75 kg/cm^2 .

• **Contenido de cemento.** Teniendo en cuenta el grafico 1 se determinó el contenido de cemento, del cual se obtuvo un valor de 300 kg/m^3 .

• **Contenido de agua.** Para determinar el contenido de agua, primero se estableció la relación agua/cemento mediante el gráfico 4. Para una resistencia de 75 kg/cm^2 la relación agua/cemento es 0,85.

Luego de conocer la relación agua cemento se procede a calcular la cantidad de agua, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Agua} = \text{relación agua-cemento} * \text{cantidad de cemento}$$

$$\text{Agua} = 0,85 * 300 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 255 \text{ kg}$$

• **Cálculo del volumen de arena.** Para calcular el volumen de arena desarrollamos la siguiente expresión:

$$V_{\text{arena}} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}})$$

Inicialmente se realiza el cálculo de cada volumen.

- Volumen de cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{\text{Cantidad del cemento}}{\text{Densidad del cemento}}$$

$$V_{\text{cemento}} = \frac{300 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{cemento}} = 0,096 \text{ m}^3$$

- Volumen de agua.

$$V_{\text{agua}} = \frac{255 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{agua}} = 0,255 \text{ m}^3$$

- Volumen de aire. El volumen de aire incluido es de 3.5% aproximadamente y se refiere a la cantidad de aire que en forma de burbujas queda atrapado en la masa del mortero una vez compactado.

Luego de tener estos valores, hallamos el volumen de arena:

$$V_{\text{arena}} = 1 - (V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}})$$

$$V_{\text{arena}} = 1 - (0,096 + 0,255 + 0,035)$$

$$V_{\text{arena}} = 0,614 \text{ m}^3$$

• **Contenido de arena.** El dato del contenido de arena se calculó mediante la siguiente ecuación:

Masa de la arena= $V_{\text{arena}} * \text{Densidad sss de la arena}$

$$\text{Masa de la arena} = 0,614 \text{ m}^3 * 2570 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Masa de la arena} = 1577,58 \text{ kg}$$

En la tabla 33 se muestran los datos obtenidos en los cálculos anteriores, los cuales son fundamentales para obtener la dosificación indicada para que la mezcla alcance la resistencia de 75 kg/cm^2 y brinde un eso estructural específico.

Tabla 33

Cantidades y dosificación de la mezcla de revoque.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA 1m		
Cemento (Kg)	Agua (Kg)	Arena (Kg)
300	255	1577,58
DOSIFICACION		
Cemento	Agua	Arena
1	0,85	5,3

Fuente: Autores del proyecto

5.4. Resultados y análisis de ensayos de resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión consiste en aplicar una fuerza axial a la muestra de concreto o mortero el cual se realiza con la máquina de ensayos a compresión, estos se realizaron

con un curado de las muestras de 28 días para tres especímenes de concreto y tres de mortero, los cuales cada uno de ellos cuenta con una resistencia diferente, se tomó un periodo de tres meses realizando pruebas cada mes.

Estos ensayos se realizaron en el laboratorio Suelos y Concretos S.A.S, el cual cuenta con el certificado de calibración de cada uno de sus equipos. Para cada una de las probetas ensayadas se tomaron datos como el peso, altura, diámetro y tipo de falla, los cuales fueron importantes para el cálculo de sus propiedades físicas como lo son la densidad y el volumen.

5.4.1. Resultados de concreto obtenidos en el mes cero. Para el mes cero se obtuvieron resistencias de 2531,1160 psi produciéndose una falla tipo c generada por una ligera desviación al centrar el espécimen en la placa inferior de la máquina; 3067,1588 ocasionando una falla tipo D debido a una fisura producida por cortante y 3514,4528 psi, con una falla tipo B debido a una compactación pobre, con lo anterior se puede determinar que cumplieron satisfactoriamente con la resistencia estipulada en el diseño de mezclas (Ver tabla 34). Estos cilindros se elaboraron con muestras que no estuvieron empacadas al vacío, esto debido a que se estaba realizando para el mes cero, lo cual sería fundamental para observar la variación de las resistencias en los meses siguientes con las que se encontraban empacadas al vacío.

Tabla 34

Resultados resistencia a la compresión de concreto mes cero

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO (INV 410-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:	
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO ELABORADAS EN EL MES CERO			
	2500 PSI	3000 PSI	3500 PSI
ALTURA (Cm)	20,4	20,4	20,4
DIAMETRO (Cm)	10,2	10,2	10,2
PESO (Kg)	3,74	3,752	3,79
AREA (Cm2)	81,7128	81,7128	81,7128
AREA(In2)	12,6655	12,6655	12,6655
EDAD (Dias)	28	28	28
VOLUMEN (Cm3)	1666,9416	1666,9416	1666,9416
DENSIDAD (Kg/Cm3)	0,002244	0,002251	0,002274
CARGA (Kn)	142,60	172,80	198,00
CARGA (Lb)	32057,7553	38846,9854	44512,1707
RESISTENCIA (PSI)	2531,1160	3067,1588	3514,4528
DESARROLLO (%)	101,24	102,24	100,41
TIPO DE FALLA	Tipo C	Tipo D	Tipo B

				
---	---	---	---	---

TIPOS DE FALLAS (Tomado de laboratorio de resistencia de materiales UFPSO)

Fuente: Autores del proyecto.

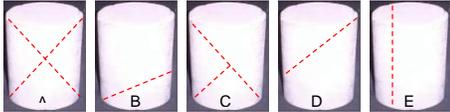
5.4.2. Resultados de concreto obtenidos en el mes uno. Como se observa en la tabla 35, los valores de resistencia cumplieron con lo especificado en el diseño de mezclas, obteniéndose valores de 2562,5331 psi y produciéndose una falla tipo D debido a la falta de adherencia de una capa de la muestra, por falla con la varilla de apisonado; 3096,6961 psi produciéndose una falla tipo D como en el caso anterior y 3611,3665 psi con una falla tipo C generada por una ligera desviación al centrar el espécimen en la placa inferior de la máquina de ensayos.

Tabla 35

Resultados resistencia a la compresión de concreto mes uno

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO (INV 410-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS: Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO ELABORADAS EN EL MES UNO			
	2500 PSI	3000 PSI	3500 PSI
ALTURA (Cm)	20,4	20,4	20,3
DIAMETRO (Cm)	10,2	10,1	10,2
PESO (Kg)	3,748	3,816	3,838
AREA (Cm2)	81,7128	80,1185	81,7128
AREA (In2)	12,6655	12,4183	12,6655
EDAD (Dias)	28	28	28
VOLUMEN (Cm3)	1666,941629	1634,41672	1658,770346
DENSIDAD (Kg/Cm3)	0,002248	0,002335	0,002314
CARGA (Kn)	144,37	171,06	203,46
CARGA (Lb)	32455,6671	38455,8178	45739,6276
RESISTENCIA (PSI)	2562,5331	3096,6961	3611,3665
DESARROLLO (%)	102,50	103,22	103,18
TIPO DE FALLA	Tipo D	Tipo D	Tipo C



TIPOS DE FALLAS (Tomado de laboratorio de resistencia de materiales UFPSO)

Fuente: Autores del proyecto.

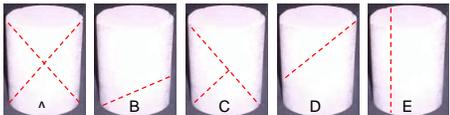
5.4.3. Resultados de concreto obtenidos en mes el dos. Para el mes dos se obtuvieron resistencias de 2574,0705 psi generándose una falla tipo C generada por una ligera desviación al centrar el espécimen en la placa inferior de la máquina; 3044,1975 psi para la mezcla de 3000 para la cual se produjo una falla tipo B debido a una compactación pobre y 3588,0111 psi ocasionándose una falla tipo D la cual se genera por un error en el apisonado con la varilla. (Ver tabla 36)

Tabla 36

Resultados resistencia a la compresión de concreto mes dos

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S			
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO (INV 410-07)			
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:		
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.		
			

COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO ELABORADAS EN EL MES DOS			
	2500 PSI	3000 PSI	3500 PSI
ALTURA (Cm)	20,3	20,3	20,4
DIAMETRO (Cm)	10,2	10,1	10,1
PESO (Kg)	3,738	3,754	3,791
AREA (Cm2)	81,7128	80,1185	80,1185
AREA (In2)	12,6655	12,4183	12,4183
EDAD (Días)	28	28	28
VOLUMEN (Cm3)	1658,7703	1626,4049	1634,4167
DENSIDAD (Kg/Cm3)	0,002253	0,002308	0,002319
CARGA (Kn)	145,02	168,16	198,20
CARGA (Lb)	32601,7929	37803,8719	44557,1325
RESISTENCIA (PSI)	2574,0705	3044,1975	3588,0111
DESARROLLO (%)	102,96	101,47	102,51
TIPO DE FALLA	Tipo C	Tipo B	Tipo D



TIPOS DE FALLAS (Tomado de laboratorio de resistencia de materiales UFPSO)

Fuente: Autores del proyecto.

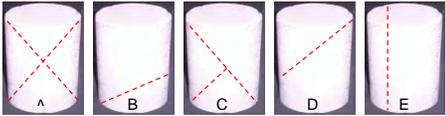
5.4.4. Resultados de concreto obtenidos en el mes tres. Como se observa en la tabla 37, los valores de resistencia cumplieron con lo especificado en el diseño de mezclas, obteniéndose valores de 2542,1209 psi y produciéndose una falla tipo D debido a la falta de adherencia de una capa de la muestra, por falla con la varilla de apisonado; 3086,0154 psi produciéndose una falla tipo D como en el caso anterior y 3527,9427 psi con una falla tipo B debido a una compactación pobre.

Tabla 37

Resultados resistencia a la compresión de concreto mes tres

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO (INV 410-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:	
		Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.

COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO ELABORADAS EN EL MES TRES			
	2500 PSI	3000 PSI	3500 PSI
ALTURA (Cm)	20,4	20,4	20,4
DIAMETRO (Cm)	10,2	10,1	10,2
PESO (Kg)	3,668	3,698	3,794
AREA (Cm ²)	81,7128	80,1185	81,7128
AREA (In ²)	12,6655	12,4183	12,6655
EDAD (Dias)	28	28	28
VOLUMEN (Cm ³)	1666,9416	1634,4167	1666,9416
DENSIDAD (Kg/Cm ³)	0,002200	0,002263	0,002276
CARGA (Kn)	143,22	170,47	198,76
CARGA (Lb)	32197,1368	38323,1805	44683,0255
RESISTENCIA (PSI)	2542,1209	3086,0154	3527,9427
DESARROLLO (%)	101,68	102,87	100,80
TIPO DE FALLA	Tipo D	Tipo D	Tipo B



TIPOS DE FALLAS (Tomado de laboratorio de resistencia de materiales UFPSO)

Fuente: Autores el proyecto.

A continuación se muestra de manera graficas los resultados obtenidos para cada una de las mezclas de concreto.

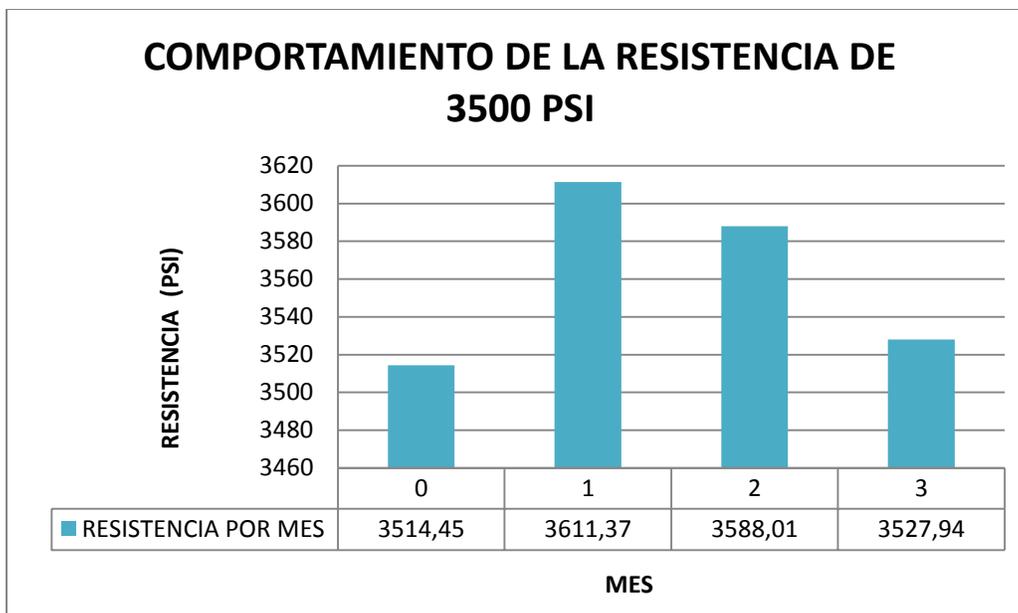


Figura 32. Comportamiento de la resistencia de 3500 psi

De acuerdo a los resultados arrojados en los laboratorios practicados a cada una de las muestras se logró determinar que para aquella que fue diseñada para tener una resistencia de 3500 PSI, en el momento de su producción esta característica tenía cerca de 3514 PSI aproximadamente, pero en el lapso comprendido hasta el primer mes la misma presentaba un aumento en su resistencia de cerca del 2.68% lo que se traducía en 3611 PSI, Sin embargo los resultados permitieron determinar que era precisamente en este punto que la muestra alcanza su punto máximo respecto a esta propiedad, pues a partir de allí hasta el mes tres(3) que fue el momento donde se practicaron las últimas pruebas, la muestra empezó a presentar una disminución paulatina, es decir en el mes 2 la resistencia había disminuido en un 0.6% respecto al mes 1 y finalmente en el mes 3 la reducción presentada se estipuló que oscilaba entre el 1.7% y 1.8% respecto al mes anterior, es importante mencionar que durante los tres meses los valores

registrados nunca estuvieron por debajo de la resistencia con la cual fue diseñado el producto.

(Ver figura 32)

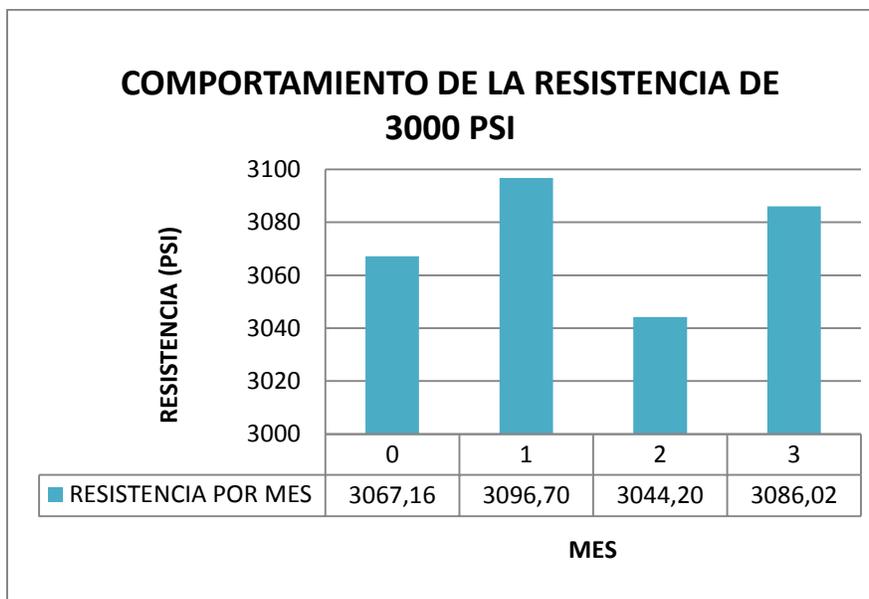


Figura 33. Comportamiento de la resistencia de 3000 PSI.

La grafica anterior nos permite observar las variaciones que se presentaron en la resistencia de la muestra de 3000 PSI desde el momento de su producción hasta el mes tres(3) donde se realizaron las últimas pruebas, esta información nos permite determinar que durante el tiempo en que le fueron realizados los laboratorios a la muestra no existe un ni un crecimiento ni una reducción constante de esta propiedad, por el contrario se puede afirmar que la resistencia oscilaba entre estos dos comportamientos, registrándose de este modo el valor más pequeño en el mes dos el cual fue de 3044 PSI aproximadamente y el más alto del mismo en el mes inmediatamente anterior donde se registró una resistencia d 3096 PSI, es importante mencionar

que durante los tres meses los valores registrados nunca estuvieron por debajo de la resistencia con la cual fue diseñado el producto. (Ver figura 33)

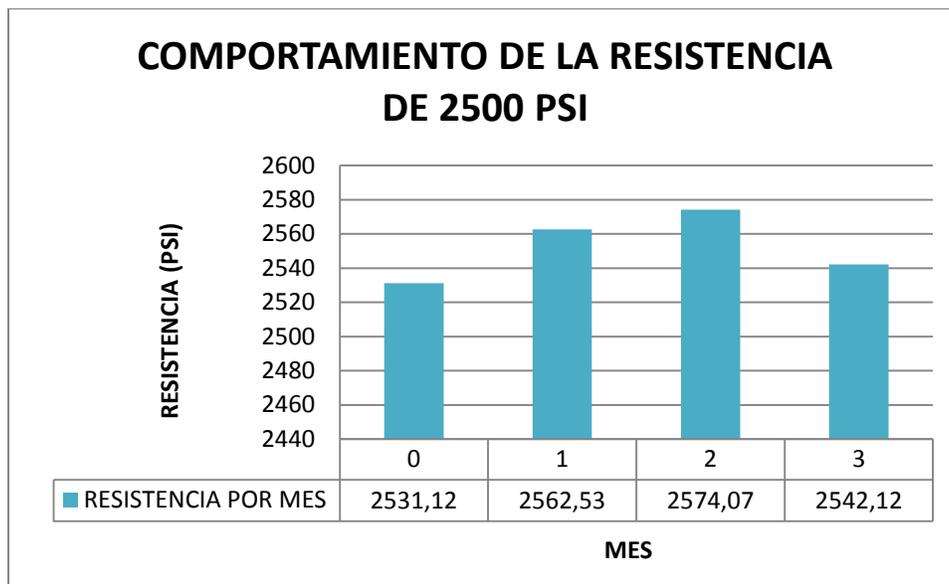


Figura 34. Comportamiento de la resistencia de 2500 PSI.

Para la muestra de 2500 PSI, cabe destacar que desde el momento de su producción hasta el tercer mes, donde fueron realizadas las últimas pruebas a la misma nunca se registraron valores para dicha propiedad por debajo de la estipulada en los diseños de mezclas es decir 2500 PSI, en cuanto a los resultados arrojados por las pruebas de laboratorio se puede determinar que la resistencia inicial de este la mezcla pre dosificada, la cual se encuentra empacada al vacío es de aproximadamente 2531 PSI , de igual manera la información condensada en la gráfica nos permite determinar que la propiedad en cuestión en las pruebas efectuadas en el mes uno (1) presenta un aumento de cerca del 1.22% respecto a la calculada al inicio del proceso, pero entre

el mes dos (2) y el tres (3) se genera una disminución en la resistencia del producto la cual se estima en aproximadamente el 1.25% respecto al mes dos (2). (Ver figura 34)

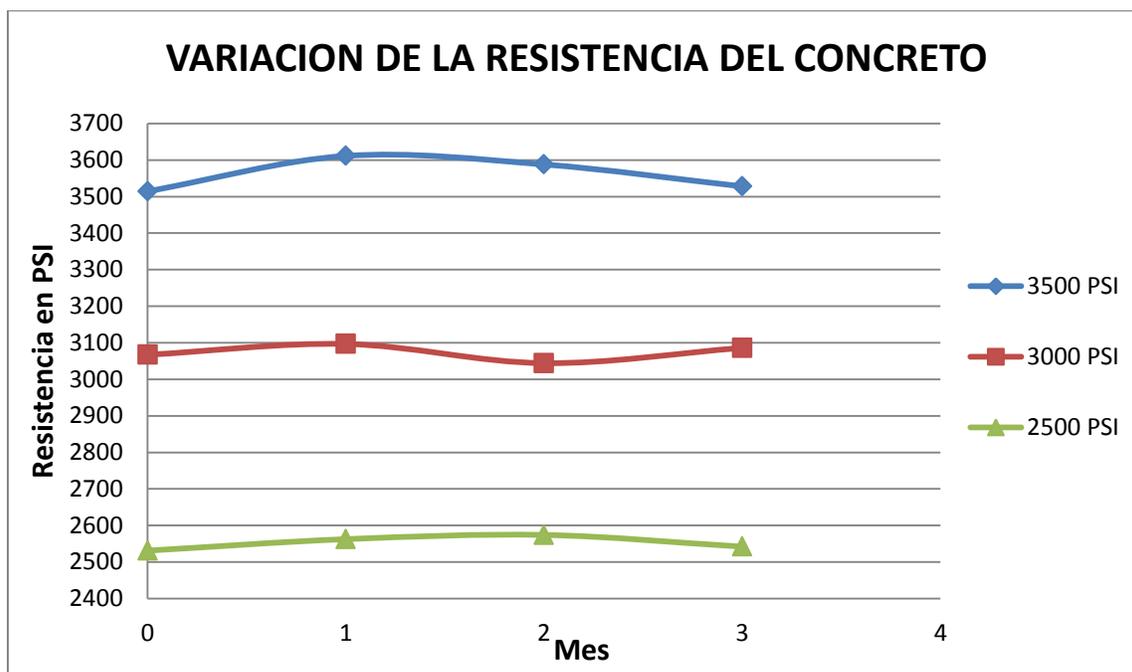


Figura 35. Comportamiento resistencias de concreto

La grafica anterior contiene la información acerca de la variación de la resistencia de las mezclas de concreto pre dosificadas empacadas al vacío, desde el momento de su producción hasta los tres meses, como se puede observar en dicha grafica durante el tiempo en que las muestras fueron sometidas a análisis y estudios de laboratorio nunca se encontró que tuvieran una resistencia menor a la que fue proyectada en el diseño de mezclas. (Ver figura 35)

5.4.5. Resultados de mortero obtenidos en el mes cero. Como se observa en la tabla 38, los valores de resistencia cumplieron con lo especificado en el diseño de mezclas, obteniéndose un valor de $75,2294 \text{ kg/cm}^2$ lo cual representa el 100,31% del resultado esperado, demostrando de esta manera que la mezcla cumplió casi al límite con la resistencia indicada en el diseño de mezclas, para el siguiente resultado se obtuvo un dato de $133,7411 \text{ kg/cm}^2$ lo que equivale a un 106,99% del valor del diseño y finalmente para la mezcla que será utilizada para antepisos se obtuvo un valor de $144,2202 \text{ kg/cm}^2$ representando un 103,01% del resultado que se espera.

Tabla 38

Resultados resistencia a la compresión de mortero mes cero

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S			
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO (INV 323-07)			
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:		
	Yessica Marcela Prado V.		
	Sergio Andres Guerrero A.		
			

COMPRESION DE PROBETAS DE MORTERO ELABORADAS EN EL MES CERO			
	75 Kg/cm2	125 Kg/cm2	140 Kg/cm2
ALTURA (Cm)	5	5	5
PESO (Kg)	0,253	0,263	0,272
AREA (Cm2)	25	25	25
EDAD (Dias)	28	28	28
VOLUMEN (Cm3)	125	125	125
DENSIDAD (Kg/Cm3)	0,002024	0,002104	0,002176
CARGA (Kn)	18,45	32,80	35,37
RESISTENCIA (Kg/cm2)	75,2294	133,7411	144,2202
DESARROLLO (%)	100,31	106,99	103,01

Fuente: Autores el proyecto.

5.4.6. Resultados de mortero obtenidos en el mes uno. Los valores de resistencia obtenidos para este mes cumplieron con lo especificado en el diseño de mezclas, obteniéndose un valor de 78,3282 kg/cm² lo cual representa el 104,44% del resultado esperado, para el siguiente resultado se logró un valor de 127,0133 kg/cm² lo que equivale a un 101,61% del valor del diseño y finalmente se obtuvo un valor de 141,2844 kg/cm² representando un 100,92% del resultado que se espera. Para las dos últimas mezclas se observa que en comparación con el mes anterior (meses cero) se generó una disminución en los valores pero estas continúan cumpliendo con las de diseño. (Ver tabla 39)

Tabla 39

Resultados resistencia a la compresión de mortero mes uno

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO (INV 323-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander		
		ALUMNOS:
		Yessica Marcela Prado V.
		Sergio Andres Guerrero A.

COMPRESION DE PROBETAS DE MORTERO ELABORADAS EN EL MES UNO			
	75 Kg/cm2	125 Kg/cm2	140 Kg/cm2
ALTURA (Cm)	5	5	5
PESO (Kg)	0,252	0,263	0,273
AREA (Cm2)	25	25	25
EDAD (Dias)	28	28	28
VOLUMEN (Cm3)	125	125	125
DENSIDAD (Kg/Cm3)	0,002016	0,002104	0,002184
CARGA (Kn)	19,21	31,15	34,65
RESISTENCIA (Kg/Cm2)	78,3282	127,0133	141,2844
DESARROLLO (%)	104,44	101,61	100,92

Fuente: Autores el proyecto.

5.4.7. Resultados de mortero obtenidos en el mes dos. Como se muestra en la siguiente tabla, los valores obtenidos para este mes son: 76,7788 kg/cm² lo cual representa el 102,37% del resultado esperado para la mezcla diseñada para pañete, el siguiente resultado logró un valor de 129,5413 kg/cm² lo que equivale a un 103,63% del valor del diseño y finalmente se obtuvo un valor de 144,4648 kg/cm² representando un 103,19% del resultado que se espera, la cual es una resistencia óptima para la implementación en antepisos. Con los resultados mencionados se determina que para el mes dos las resistencias varían un poco con relación a la de diseño, pero siempre manteniendo el valor por encima de la misma. (Ver tabla 40)

Tabla 40

Resultados resistencia a la compresión de mortero mes dos

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		 LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S.	
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO (INV 323-07)			
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:		
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.		
COMPRESION DE PROBETAS DE MORTERO ELABORADAS EN EL MES DOS			
	75 Kg/cm ²	125 Kg/cm ²	140 Kg/cm ²
ALTURA (Cm)	5	5	5
PESO (Kg)	0,257	0,263	0,271
AREA (Cm ²)	25	25	25
EDAD (Días)	28	28	28
VOLUMEN (Cm ³)	125	125	125
DENSIDAD (Kg/Cm ³)	0,002056	0,002104	0,002168
CARGA (Kn)	18,83	31,77	35,43
RESISTENCIA (Kg/Cm ²)	76,7788	129,5413	144,4648
DESARROLLO (%)	102,37	103,63	103,19

Fuente: Autores el proyecto.

5.4.8. Resultados de mortero obtenidos en el mes tres. Para el mes tres se obtuvieron valores de 78,8583 kg/cm² representando el 105,14% del resultado esperado para la mezcla diseñada para pañete la cual es una resistencia adecuada para la elaboración de esta actividad , el siguiente resultado alcanzo un valor de 126,3201 kg/cm² lo que equivale a un 101,06% del valor con el que se diseñó para la pega de ladrillo, la cual fue 125 kg/cm² y finalmente se obtuvo un valor de 145,8104 kg/cm² representando un 104,15% del resultado que se espera, siendo esta una resistencia óptima para la implementación en antepisos. Con los resultados mencionados se determina que las resistencias varían con relación a la de diseño, pero siempre manteniendo el valor por encima de la misma. (Ver tabla 41)

Tabla 41

Resultados resistencia a la compresión de mortero mes tres

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		 LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S.	
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO (INV 323-07)			
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:		
		Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

COMPRESION DE PROBETAS DE MORTERO ELABORADAS EN EL MES TRES			
	75 Kg/cm ²	125 Kg/cm ²	140 Kg/cm ²
ALTURA (Cm)	5	5	5
PESO (Kg)	0,258	0,264	0,275
AREA (Cm ²)	25	25	25
EDAD (Días)	28	28	28
VOLUMEN (Cm ³)	125	125	125
DENSIDAD (Kg/Cm ³)	0,002064	0,002112	0,0022
CARGA (Kn)	19,34	30,98	35,76
RESISTENCIA (Kg/Cm ²)	78,8583	126,3201	145,8104
DESARROLLO (%)	105,14	101,06	104,15

Fuente: Autores el proyecto.

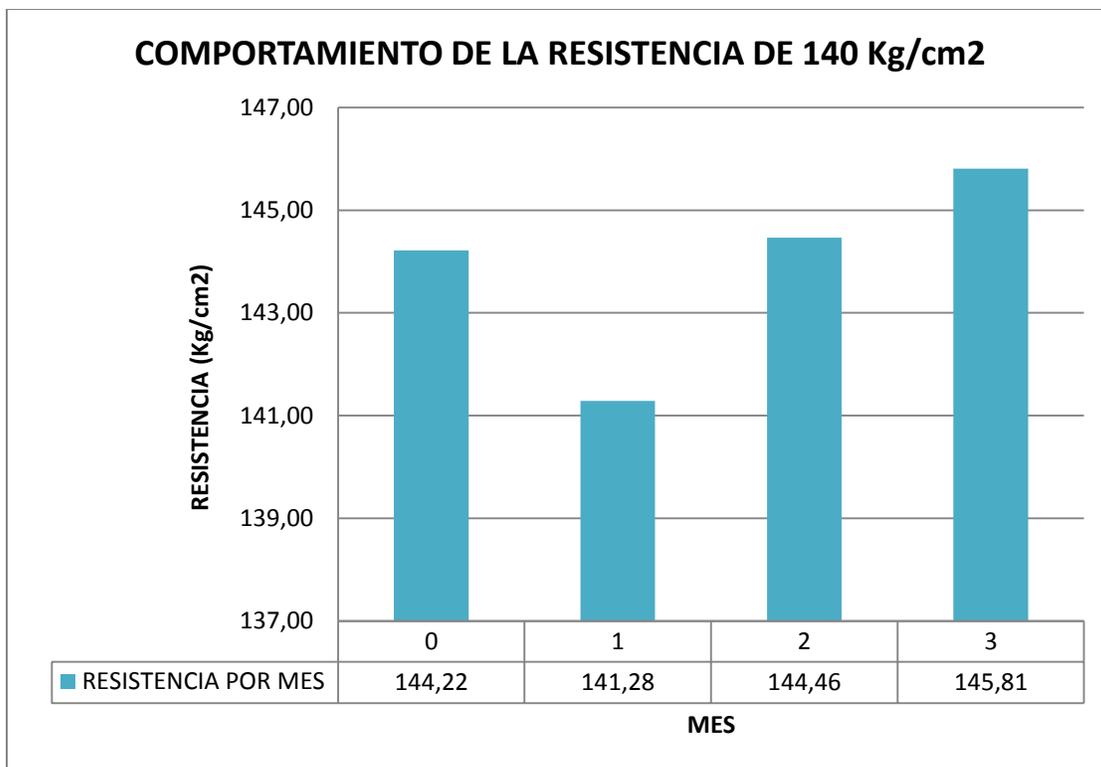


Figura 36. Comportamiento de la resistencia de 140 kg/cm².

De acuerdo a lo contemplado en la gráfica anterior se pudo determinar que la resistencia arrojada por las pruebas en el mes tres (3) es superior a la presentada en el momento de su producción, del mismo modo se estableció que al finalizar el tiempo de análisis de muestras (3 meses) la propiedad estudiada era aproximadamente 3.98 % mayor a lo trabajado en el respectivo diseño de mezclas, por otro lado las pruebas nos permitieron determinar que el mes donde se registraron los valores más bajos fue en el primero, en el cual se detectaron valores de 141.28 Kg/cm², sin embargo tal registro superaba los 140 kg/cm² del diseño. (Ver figura 36)

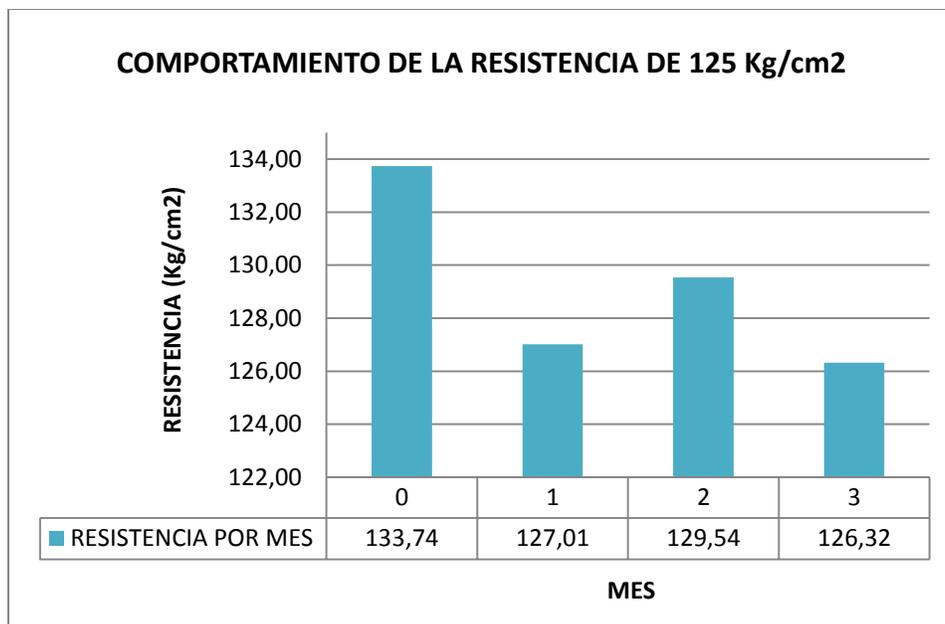


Figura 37. Comportamiento de la resistencia de 125kg/cm².

Para el caso de la muestra de mortero cuya resistencia proyectada en el diseño de mezclas era de 125 kg/cm², se puede observar que los resultados arrojados en el momento de la producción del producto registran los valores de resistencia más altos de todo el tiempo de prueba, pues en ese momento la muestra era 8.74 kg/cm² más resistente respecto a la diseñado, pero que en el momento de analizar los resultados obtenidos al tercer mes de la elaboración de las muestras se pudo comprobar que la resistencia presentó una disminución de más del 5%. Sin embargo es importante destacar que a pesar de que la propiedad decreció en relación a la resistencia inicial en ningún momento estuvo por debajo de lo proyectado en el diseño de mezclas. (Ver figura 37)

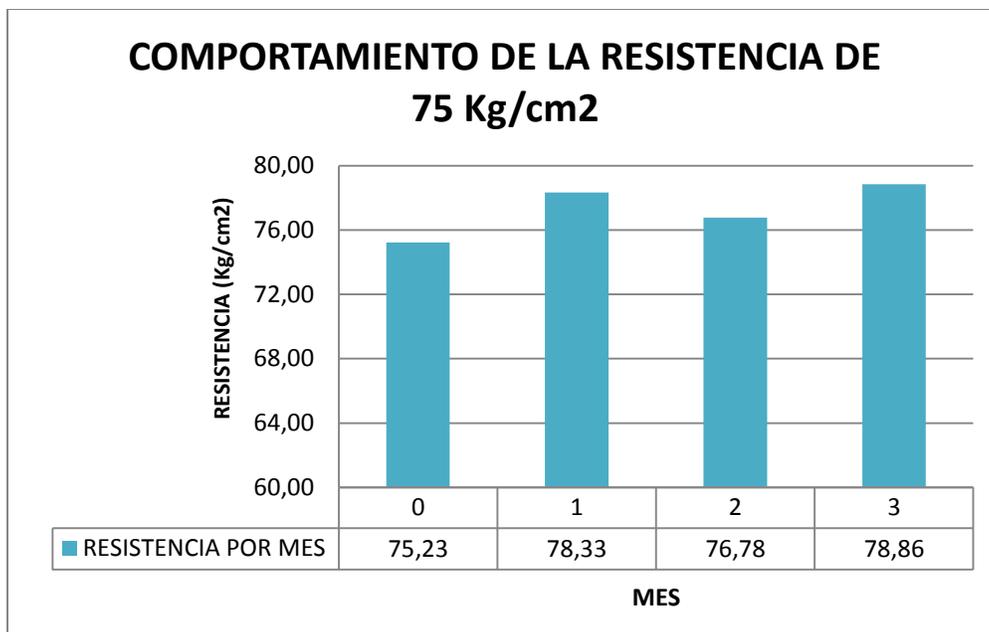


Figura 38. Comportamiento de la resistencia de 75 kg/cm².

La grafica anterior presenta la información obtenida en las pruebas de laboratorio que se le realizaron a la muestra de mortero cuya resistencia proyectada en el diseño de mezclas era de 75 Kg/cm², dichas pruebas se realizaron en intervalos mensuales partiendo desde el momento de su producción (mes cero) hasta el tercer mes, lo anterior permite hacer claridad que a la muestra se le realizaron un total de cuatro (4) pruebas.

De acuerdo a la información obtenida en los ensayos se puede notar que la resistencia no presento un patrón constante de crecimiento o de disminución respecto al tiempo, sino que por el contrario oscilaba entre los dos comportamientos, es decir desde el momento de su producción hasta el mes uno se presenta un aumento de aproximadamente el 3.95%, pero en el lapso comprendido entre el mes uno y mes dos la resistencia de la muestra disminuye, lo cual se ve

reflejado en los resultados arrojados en las pruebas del segundo mes en las que se pudo determinar que la resistencia descendió en cerca del 2% comparado al mes inmediatamente anterior, finalmente al observar los resultados del último mes se puede apreciar que al igual que en el mes uno la propiedad aumento en un 2.63% respecto al mes dos. (Ver figura 38)

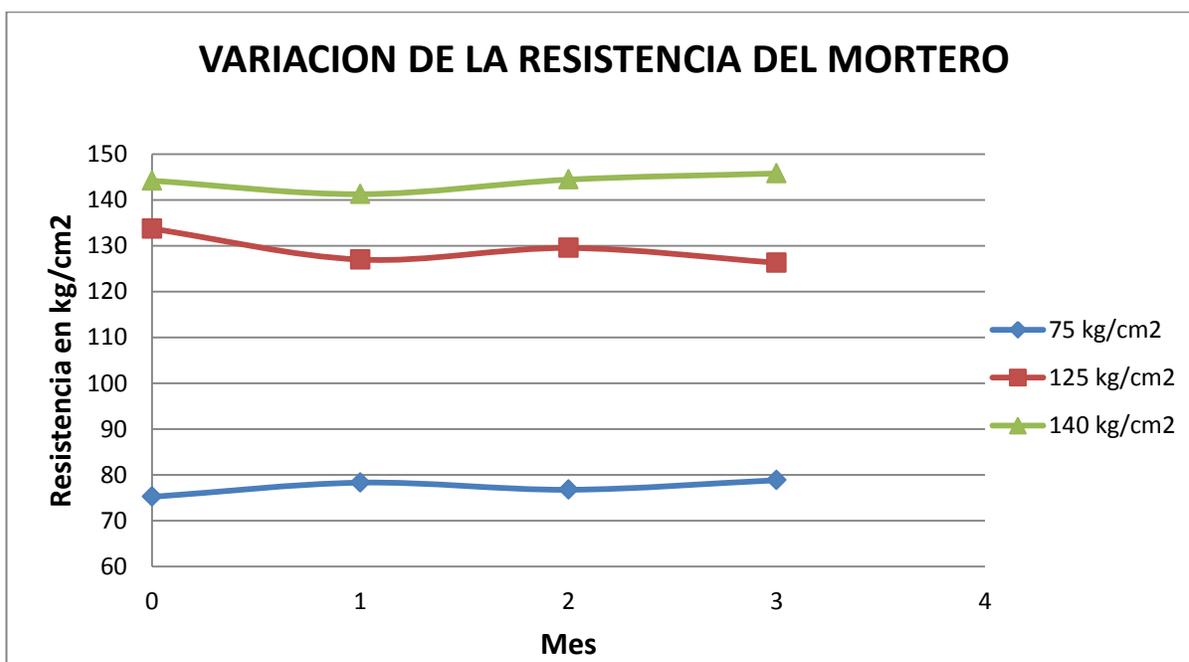


Figura 39. Comportamiento de resistencias de mortero.

La grafica anterior condensa las variaciones encontradas en las diferentes pruebas realizadas a cada una de las muestras de morteros (75, 125 y 140 kg/cm²) respecto al tiempo, cabe destacar que los valores hallados nunca estuvieron por debajo de las resistencias estipuladas inicialmente en el diseño de mezclas que se efectuó a cada tipo de mortero. (Ver figura 39)

5.5. Tabla de cantidad exacta de agua

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

Poca agua producirá un hormigón denso y seco, difícil de compactar y de homogeneizar y que por lo tanto resultará en un hormigón 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 hormigón homogéneo, lo cual también dará como resultado un hormigón débil. Es decir, la cantidad de agua tiene un rango, o mejor dicho, un valor óptimo para evitar estar en esas condiciones extremas. (Rodríguez Santos E, 2014, tecnología del concreto, Universidad Distrital Francisco José de Caldas)

A continuación se presentan las tablas elaboradas para cada una de las resistencias trabajadas de concreto y mortero, para la cual se tuvieron en cuenta tres presentaciones de 20, 35 y 50 Kg; esto con el fin de facilitar los trabajos domésticos especialmente los que requieren de pequeñas cantidades de mezcla.

5.5.1. Cantidad exacta de agua para concretos. El agua es un factor muy importante que se debe tener en cuenta para la elaboración del diseño de mezclas y que está directamente relacionado con la resistencia final que se obtiene, es por esta razón que se hace necesaria la elaboración de una tabla que muestre los valores exactos de la cantidad de agua que se le debe adicionar a la mezcla predosificada de concreto, teniendo en cuenta la resistencia que se desea obtener y la presentación que se va a elaborar. (Ver tabla 42)

Estos datos se obtuvieron del diseño de mezclas de concreto realizado para cada una de las resistencias trabajadas, el cual facilito el cálculo de la cantidad de agua para diferentes presentaciones de la mezcla predosificada, sabiendo que la cantidad de agua depende de la cantidad de agregados más cemento. Este factor incide directamente en la resistencia es por esto que al emplear estas mezclas en obra se debe agregar la cantidad de agua que se indique para no alterar la dosificación que se obtuvo con el diseño de mezclas, con esto se mantendrá la homogeneidad, trabajabilidad y rendimiento de las mezclas

Son muchos los factores que intervienen para determinar este parámetro y de allí que su estimación exacta es difícil. Sin embargo, se han desarrollado algunos estudios que tienen en cuenta algunos factores más importantes y que proporcionan valores que pueden ser mayores o menores a los requisitos reales del agua en la mezcla, pero que ofrece suficiente aproximación. (Niño Hernández, J.R (2010), Tecnología del concreto - tomo 1, diseño de mezclas de concreto de peso normal, pág. 189).

Tabla 42*Cantidad exacta de agua para concreto*

TABLA DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA CONCRETO DE 2500 PSI	
Presentación	Cantidad de agua
20 Kg	2,23 L
35 Kg	3,90 L
50 Kg	5,58 L

TABLA DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA CONCRETO DE 3000 PSI	
Presentación	Cantidad de agua
20 Kg	2,22 L
35 Kg	3,89 L
50 Kg	5,55 L

TABLA DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA CONCRETO DE 3500 PSI	
Presentación	Cantidad de agua
20 Kg	2,20 L
35 Kg	3,85 L
50 Kg	5,5 L

Fuente: Autores del proyecto

5.5.2. Cantidad exacta de agua para morteros. Con la ayuda del diseño de mezclas elaborado para cada una de las resistencias de mortero, se obtuvieron los valores de la cantidad de agua exacta para tres presentaciones o cantidades de mezcla predosificada que se muestran en la tabla 43, esto con el fin de obtener mezclas que cumplan con la manejabilidad, trabajabilidad y resistencia estipulada para un mejor comportamiento de la misma tanto en obra como en trabajos que requieran de poca cantidad de mortero.

Tabla 43*Cantidad exacta de agua para mortero*

TABLA DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA MORTERO DE 75 Kg/cm ²	
Presentación	Cantidad de agua
20 Kg	2,72 L
35 Kg	4,76 L
50 Kg	6,8 L

TABLA DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA MORTERO DE 125 Kg/cm ²	
Presentación	Cantidad de agua
20 Kg	3,02 L
35 Kg	5,29 L
50 Kg	7,55 L

TABLA DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA MORTERO DE 140 Kg/cm ²	
Presentación	Cantidad de agua
20 Kg	2,98 L
35 Kg	5,22 L
50 Kg	7,45 L

Fuente: Autores del proyecto

Estas tablas se elaboraron para conocer la cantidad exacta de agua que se le debe adicionar a cada una de las presentaciones mencionadas, con el fin de alcanzar la resistencia estipulada para cada una de las mezclas predosificadas de concreto y mortero, además de esto obtener una mezcla homogénea con mayor rendimiento, comportamiento, manejabilidad y trabajabilidad en obra y en labores domésticas, es decir, donde se requiera de poca cantidad de mezcla para evitar desperdicios de materiales.

5.6. Evaluación financiera

Esta fase del proyecto se realizó con el objetivo de hacer un comparativo entre las mezclas convencionales para las diferentes dosificaciones Vs las mezclas predosificadas objeto de estudio, siendo esto de vital importancia ya que se conoce la diferencia de los precios al elaborar cada una de ellas y de esta manera se establece la viabilidad económica de adquirir una de estas dos mezclas. Para la medición de los costos se trabajó con los valores del municipio de Ocaña, para lo cual fue necesario averiguar en diferentes ferreterías y obras con el fin de obtener valores más precisos a la hora de realizar este estudio. En la tabla 44 se muestran los valores utilizados para este estudio:

Tabla 44

Precios utilizados en el estudio financiero

	Cantidad	Valor
Mezcladora	Día	\$ 50.000,00
Cemento	Bulto	\$ 19.000,00
Arena	m3	\$ 55.000,00
Grava	m3	\$ 85.000,00
Selladora	Unidad	\$ 365.000,00
Extractora de aire	Unidad	\$ 70.000,00
Empaque al vacío	Unidad	\$ 200,00
Ayudante	Semana	\$ 190.000,00
Oficial	Semana	\$ 250.000,00

Fuente: Autores del proyecto

5.6.1. Mezcla de concreto de 3500 psi. En la tabla 45 se muestra el valor unitario para un metro cubico de concreto de 3500 psi, para esto se tomó la presentación de 50kg teniendo en cuenta el peso de un bulto de cemento, con el fin de facilitar el manejo, transporte y almacenamiento de la misma.

Para la elaboración de 1m^3 de concreto de 3500psi, se necesita $0,7655\text{ m}^3$ de mezcla predosificada. En las obras del municipio de Ocaña, la mezcladora más utilizada es la de un bulto la cual tiene un volumen de $0,17\text{m}^3$, teniendo en cuenta lo anterior, podemos deducir que para el volumen necesario se requiere mezclar 4,5 veces; el tiempo de mezclado utilizado para la elaboración de esta mezcla en seco es de 4 minutos por capacidad de la mezcladora, es decir, 18 minutos en total.

El valor de alquiler de la selladora y la extractora de aire utilizadas para el proceso de empacado al vacío se determinó haciendo una relación entre el valor comercial y la vida útil del equipo. Los valores utilizados son de los equipos que se emplearon en el proceso de empacado del presente proyecto de investigación, el cual se realizó de manera artesanal debido a los altos costos de la maquinaria especializada para dicha labor.

Cada paca de 50kg de mezcla tiene un volumen aproximado de 0.0234 m^3 , por lo cual se determinó que para realizar el volumen equivalente a un metro cubico (1m^3) de concreto se requieren 43 pacas.

Se requiere de 3 trabajadores para la elaboración del producto, de los cuales uno de ellos se encarga del proceso de mezclado en seco de los materiales, el segundo de llenar las bolsas con el peso adecuado, el último de extraer el aire y sellar las pacas.

Tabla 45

Precio unitario de mezcla predosificada de 3500 psi

PRECIO UNITARIO DE MEZCLA PREDOSIFICADA 3500 PSI					
1.	Estimación de costos	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Estimación de la mezcla de 3500 PSI (1 m ³)				
1.1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,3	Hora	\$ 6.250,00	\$ 1.875,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 120,00	\$ 120,00
	<i>Selladora</i>	0,3	Hora	\$ 41,67	\$ 12,50
	<i>Extractor de aire</i>	0,3	Hora	\$ 11,99	\$ 3,60
1.1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	400	Kg	\$ 380,00	\$ 152.000,00
	<i>Arena</i>	0,359	m ³	\$ 55.000,00	\$ 19.745,00
	<i>Grava</i>	0,293	m ³	\$ 85.000,00	\$ 24.905,00
	<i>Empaque</i>	43	Und	\$ 200,00	\$ 8.600,00
1.1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (Preparar mezcla)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Empaque)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Sellado)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Valor Total				\$ 210.861,10
				Precio Paca	\$ 4.903,75

Fuente: Autores del proyecto

De la tabla anterior se determinó que el valor total para 1m³ de concreto de mezcla predosificada en seco es de \$210.861,10, valor necesario para establecer el precio unitario de la paca, el cual es \$4.903,75.

Para la elaboración de 1m^3 de concreto convencional en obra se determinó el tiempo de mezclado teniendo en cuenta la cantidad de cemento necesaria para la dosificación, con una duración de 9 minutos por ciclo, lo que indica que se requiere de 72 minutos para la elaboración de 1m^3 de concreto de 3500 psi. Las cantidades de los materiales se obtienen del diseño de mezclas, teniendo en cuenta los precios que se están manejando actualmente en las obras de construcción.

Para la elaboración de 1m^3 de mezcla predosificada de 3500 psi se determinó un tiempo de mezclado de 36 minutos en total, lo que equivale a 6 ciclos de 6 minutos cada uno de ellos. Para la preparación de esta se requiere únicamente de un trabajador ya que solamente se le debe adicionar la cantidad de agua que se especifica para la presentación de 50 kg que es 5.5 litros.

A continuación se presenta la comparación de los costos para la elaboración de 1m^3 de concreto de 3500 psi preparado en obra de la mezcla convencional y de la mezcla predosificada (Ver tabla 46), la cual se realizó teniendo en cuenta las cantidades calculadas en el diseño de mezclas y los precios que actualmente se están trabajando en las ferreterías y obras presentes en el municipio, según los datos obtenidos se evidencia una disminución en los costos lo que genera expectativa de aceptación de estas mezclas predosificadas en el mercado ya que además de la reducción de los costos tiene otras ventajas como la calidad y disminución del tiempo de ejecución de algunas actividades de construcción.

Tabla 46

Comparación de costos de mezcla 3500 psi convencional Vs predosificada

1 m3 MEZCLA CONVENCIONAL PREPARADA EN OBRA					
1.	Estimación de la mezcla de 3500 PSI (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	1,2	Hora	\$ 6.250,00	\$ 7.500,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 1.590,00	\$ 1.590,00
1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	400	Kg	\$ 380,00	\$ 152.000,00
	<i>Arena</i>	0,359	m3	\$ 55.000,00	\$ 19.745,00
	<i>Grava</i>	0,293	m3	\$ 85.000,00	\$ 24.905,00
	<i>Agua</i>	0,234	m3	\$ 494,04	\$ 115,61
1.3.	Cuadrilla				
	Oficial (1)	1,2	hH	\$ 5.250,00	\$ 6.300,00
	Ayudantes (2)	1,2	hH	\$ 4.000,00	\$ 9.600,00
	Valor Total				\$ 221.755,61
1 m3 MEZCLA PREDOSIFICADA PREPARADA EN OBRA					
1.	Estimación de la mezcla de 3500 PSI (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,6	Hora	\$ 6.250,00	\$ 3.750,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 240,00	\$ 240,00
1.2.	Materiales				
	<i>Mezcla predosificada</i>	43	Unid.	\$ 4.903,75	\$ 210.861,10
	<i>Agua</i>	0,234	m3	\$ 494,04	\$ 115,61
1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (1)	0,6	hH	\$ 4.000,00	\$ 2.400,00
	Valor Total				\$ 217.366,70

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se obtiene que el costo por metro cubico de concreto convencional de 3500 psi es \$221.755,61 y para la mezcla predosificada es \$217.366,70, lo cual equivale a una diferencia de \$ 4.388,90 generando un ahorro del 1,98%.

5.6.2. Mezcla de concreto de 3000 psi. En la tabla 47 se muestra el análisis del precio unitario para una paca de 50 kg de 3000 psi, la cual tiene un valor de \$ 4.545,91. Los rendimientos para esta dosificación es de 0,0235 m³ para una paca, siendo necesario 42,6 de estas para 1m³ de concreto, los tiempos necesarios para los equipos y la mano de obra se trabajaron igual que la resistencia de 3500 psi variando las cantidades de los materiales debido al diseño de mezclas.

Tabla 47

Precio unitario de mezcla predosificada de 3000 psi

PRECIO UNITARIO DE MEZCLA PREDOSIFICADA 3000 PSI					
1.	Estimación de costos	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Estimación de la mezcla de 3000 PSI (1 m3)				
1.1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,3	Hora	\$ 6.250,00	\$ 1.875,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 120,00	\$ 120,00
	<i>Selladora</i>	0,3	Hora	\$ 41,67	\$ 12,50
	<i>Extractor de aire</i>	0,3	Hora	\$ 11,99	\$ 3,60
1.1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	357,14	Kg	\$ 380,00	\$ 135.713,20
	<i>Arena</i>	0,366	m3	\$ 55.000,00	\$ 20.130,00
	<i>Grava</i>	0,300	m3	\$ 85.000,00	\$ 25.500,00
	<i>Empaque</i>	42,6	Und	\$ 200,00	\$ 8.520,00
1.1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (Preparar mezcla)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Empaque)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Sellado)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Valor Total				\$ 195.474,30
				Precio Paca	\$ 4.545,91

Fuente: Autores del proyecto.

De la comparación de los costos de la mezcla convencional Vs la mezcla predosificada y premezclada de 3000 psi se obtuvieron valores de \$ 203.742,05 y \$ 200.162,03 respectivamente generando un ahorro del 1,76%. Para la mezcla convencional el tiempo de ejecución del equipo y la mano de obra se redujo en comparación a la mezcla de 3500 psi debido a que la cantidad de cemento es menor. (Ver tabla 48)

Tabla 48

Comparación de costos de mezcla 3000 psi convencional Vs predosificada

1 m3 MEZCLA CONVENCIONAL PREPARADA EN OBRA					
1.	Estimación de la mezcla de 3000 PSI (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	1,07	Hora	\$ 6.250,00	\$ 6.687,50
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 1.417,75	\$ 1.417,75
1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	357,14	Kg	\$ 380,00	\$ 135.713,20
	<i>Arena</i>	0,366	m3	\$ 55.000,00	\$ 20.130,00
	<i>Grava</i>	0,300	m3	\$ 85.000,00	\$ 25.500,00
	<i>Agua</i>	0,235	m3	\$ 494,04	\$ 116,10
1.3.	Cuadrilla				
	Oficial (1)	1,07	hH	\$ 5.250,00	\$ 5.617,50
	Ayudantes (2)	1,07	hH	\$ 4.000,00	\$ 8.560,00
	Valor Total				\$ 203.742,05
1 m3 MEZCLA PREDOSIFICADA PREPARADA EN OBRA					
1.	Estimación de la mezcla de 3000 PSI (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,6	Hora	\$ 6.250,00	\$ 3.750,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 240,00	\$ 240,00
1.2.	Materiales				
	<i>Mezcla predosificada</i>	42,6	Unid.	\$ 4.545,91	\$ 193.655,93
	<i>Agua</i>	0,235	m3	\$ 494,04	\$ 116,10
1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (1)	0,6	hH	\$ 4.000,00	\$ 2.400,00
	Valor Total				\$ 200.162,03

Fuente: Autores del proyecto.

5.6.3. Mezcla de concreto de 2500 psi. En la tabla 49 se muestra el análisis del precio unitario para una paca de 50 kg de 2500 psi, la cual tiene un valor de \$ 4.258,06. Los rendimientos para esta dosificación es de 0,0236 m³ para una paca, siendo necesario 42,6 de estas para 1m³ de concreto, los tiempos necesarios para los equipos y la mano de obra se trabajaron igual que las resistencias de 3500 y 3000 psi variando las cantidades de los materiales debido al diseño de mezclas.

Tabla 49

Precio unitario de mezcla predosificada de 2500 psi

PRECIO UNITARIO DE MEZCLA PREDOSIFICADA 2500 PSI					
1.	Estimación de costos	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Estimación de la mezcla de 2500 PSI (1 m3)				
1.1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,3	Hora	\$ 6.250,00	\$ 1.875,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 120,00	\$ 120,00
	<i>Selladora</i>	0,3	Hora	\$ 41,67	\$ 12,50
	<i>Extractor de aire</i>	0,3	Hora	\$ 11,99	\$ 3,60
1.1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	322,58	Kg	\$ 380,00	\$ 122.580,40
	<i>Arena</i>	0,372	m3	\$ 55.000,00	\$ 20.460,00
	<i>Grava</i>	0,305	m3	\$ 85.000,00	\$ 25.925,00
	<i>Empaque</i>	42,6	Und	\$ 200,00	\$ 8.520,00
1.1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (Preparar mezcla)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Empaque)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Sellado)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Valor Total				\$ 183.096,50
				Precio Paca	\$ 4.258,06

Fuente: Autores del proyecto.

De la comparación de los costos de la mezcla convencional Vs la mezcla predosificada y premezclada de 2500 psi se obtuvieron valores de \$ 189.282,24 y \$ 187.899,87 respectivamente generando un ahorro del 0,73%. Para la mezcla convencional el tiempo de ejecución del equipo y la mano de obra se redujo en comparación a las otras mezclas debido a que la cantidad de cemento es menor. (Ver tabla 50)

Tabla 50

Comparación de costos de mezcla 2500 psi convencional Vs predosificada

1 m3 MEZCLA CONVENCIONAL PREPARADA EN OBRA					
1.	Estimación de la mezcla de 2500 PSI (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,97	Hora	\$ 6.250,00	\$ 6.062,50
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 1.285,25	\$ 1.285,25
1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	322,58	Kg	\$ 380,00	\$ 122.580,40
	<i>Arena</i>	0,372	m3	\$ 55.000,00	\$ 20.460,00
	<i>Grava</i>	0,305	m3	\$ 85.000,00	\$ 25.925,00
	<i>Agua</i>	0,236	m3	\$ 494,04	\$ 116,59
1.3.	Cuadrilla				
	Oficial (1)	0,97	hH	\$ 5.250,00	\$ 5.092,50
	Ayudantes (2)	0,97	hH	\$ 4.000,00	\$ 7.760,00
	Valor Total				\$ 189.282,24
1 m3 MEZCLA PREDOSIFICADA PREPARADA EN OBRA					
1.	Estimación de la mezcla de 2500 PSI (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,6	Hora	\$ 6.250,00	\$ 3.750,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 240,00	\$ 240,00
1.2.	Materiales				
	<i>Mezcla predosificada</i>	42,6	Unid.	\$ 4.258,06	\$ 181.393,27
	<i>Agua</i>	0,236	m3	\$ 494,04	\$ 116,59
1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (1)	0,6	hH	\$ 4.000,00	\$ 2.400,00
	Valor Total				\$ 187.899,87

Fuente: Autores del proyecto.

5.6.4. Mezcla de mortero para antepisos. En la tabla 51 se muestra el valor unitario para un metro cubico de mortero de 140 kg/cm^2 , esta resistencia es utilizada para la elaboración de antepisos, para esto se tomó la presentación de 50 kg teniendo en cuenta el peso de un bulto de cemento, con el fin de facilitar el manejo, transporte y almacenamiento de la misma.

Para la elaboración de 1 m^3 de mortero de 140 kg/cm^2 , se necesita $0,725 \text{ m}^3$ de mezcla predosificada. En las obras del municipio de Ocaña, la mezcladora más utilizada es la de un bulto la cual tiene un volumen de $0,17 \text{ m}^3$, teniendo en cuenta lo anterior, podemos deducir que para el volumen necesario se requiere mezclar 4,27 veces; el tiempo de mezclado utilizado para la elaboración de esta mezcla en seco es de 4 minutos por capacidad de la mezcladora, es decir, aproximadamente 18 minutos en total.

El valor de alquiler de la selladora y la extractora de aire utilizadas para el proceso de empacado al vacío se determinó haciendo una relación entre el valor comercial y la vida útil del equipo, los tiempos de ejecución de estos equipos se determinaron teniendo el tiempo de mezclado, de la misma forma que para las mezclas de concreto. Los valores utilizados son de los equipos que se emplearon en el proceso de empacado del presente proyecto de investigación, el cual se realizó de manera artesanal, debido a los altos costos de la maquinaria especializada para dicha labor.

Cada paca de 50 kg de mezcla tiene un volumen aproximado de 0,0271 m³, por lo cual se determinó que para realizar el volumen equivalente a un metro cubico (1m³) de mortero se requieren 36,9 pacas.

Se requiere de 3 trabajadores para la elaboración del producto, de los cuales uno de ellos se encarga del proceso de mezclado en seco de los materiales, el segundo de llenar las bolsas con el peso adecuado, el último de extraer el aire y sellar las pacas.

Tabla 51

Precio unitario de mezcla predosificada para antepisos.

PRECIO UNITARIO DE MEZCLA PREDOSIFICADA 140 kg/cm ²					
1.	Estimación de costos	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Estimación de la mezcla de 140 kg/cm ² (1 m ³)				
1.1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,3	Hora	\$ 6.250,00	\$ 1.875,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 120,00	\$ 120,00
	<i>Selladora</i>	0,3	Hora	\$ 41,67	\$ 12,50
	<i>Extractora de aire</i>	0,3	Hora	\$ 11,99	\$ 3,60
1.1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	410	Kg	\$ 380,00	\$ 155.800,00
	<i>Arena</i>	0,559	m ³	\$ 55.000,00	\$ 30.745,00
	<i>Empaque</i>	36,9	Und	\$ 200,00	\$ 7.380,00
1.1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (Preparar mezcla)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Empaque)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Sellado)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Valor Total				\$ 199.536,10
				Precio Paca	\$ 5.407,48

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se determinó el valor total para 1 m^3 de mortero utilizado para la elaboración de antepisos es \$ 199.536,10 y para una paca de 50 kg es \$ 5.407,48, el agua que se le debe adicionar a esta cantidad de mezcla para que mantenga su resistencia al utilizar en obra es 7,45 litros.

A continuación se muestra los valores obtenidos de la comparación de la mezcla convencional y la mezcla predosificada, para la elaboración de 1 m^3 de mortero convencional en obra se determinó el tiempo de mezclado teniendo en cuenta la cantidad de cemento necesaria para la dosificación, con una duración de 9 minutos por ciclo, lo que indica que se requiere de 73.8 minutos, se utilizó un cuadrilla 1x1 de lo cual se obtuvo un valor por metro cubico de \$ 206.883,61.

Para la mezcla predosificada se realizan 5,27 ciclos de mezclado los cuales tienen una duración de 5 minutos por cada uno de estos, es decir, 26,4 minutos en total. Debido a la reducción de tiempos el precio por m^3 fue \$ 204.357,96 obteniéndose un ahorro de \$ 2.525,65 lo que representa porcentualmente un 1,22%. (Ver tabla 52)

El tiempo de mezclado cambia debido a que la mezcla predosificada ya estará lista para usar, es decir, se tendrán pacas con cierta cantidad de mezcla a la cual se le deberá agregar la cantidad de agua estipulada y realizar el mezclado necesario, ya no se debe verter cada material por separado a la mezcladora lo que genera mayor tiempo de uso de la misma.

Tabla 52

Comparación de costos de mezcla 140 kg/cm² convencional Vs predosificada

1 m ³ MEZCLA CONVENCIONAL PREPARADA EN OBRA				
1. Estimación de la mezcla de 140 kg/cm ² (1 m ³)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1. Equipo				
<i>Mezcladora</i>	1,23	Hora	\$ 6.250,00	\$ 7.687,50
<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 1.137,75	\$ 1.137,75
1.2. Materiales				
<i>Cemento</i>	410	Kg	\$ 380,00	\$ 155.800,00
<i>Arena</i>	0,559	m ³	\$ 55.000,00	\$ 30.745,00
<i>Agua</i>	0,275	m ³	\$ 494,04	\$ 135,86
1.3. Cuadrilla				
Oficial (1)	1,23	hH	\$ 5.250,00	\$ 6.457,50
Ayudantes (1)	1,23	hH	\$ 4.000,00	\$ 4.920,00
Valor Total				\$ 206.883,61
1 m ³ MEZCLA PREDOSIFICADA PREPARADA EN OBRA				
1. Estimación de la mezcla de 140 kg/cm ² (1 m ³)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1. Equipo				
<i>Mezcladora</i>	0,44	Hora	\$ 6.250,00	\$ 2.750,00
<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 176,00	\$ 176,00
1.2. Materiales				
<i>Mezcla predosificada</i>	36,9	Unid.	\$ 5.407,48	\$ 199.536,10
<i>Agua</i>	0,275	m ³	\$ 494,04	\$ 135,86
1.3. Cuadrilla				
Ayudante (1)	0,44	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.760,00
Valor Total				\$ 204.357,96

Fuente: Autores del proyecto.

5.6.5. Mezcla de mortero para pega de ladrillo. En la tabla 53 se muestra el análisis del precio unitario para una paca de 50 kg de 125 kg/cm², la cual tiene un valor de \$ 5.234,77. Los rendimientos para esta dosificación es de 0,0272 m³ para una paca, siendo necesario 36,7 de

estas para 1m^3 de mortero, los tiempos necesarios para los equipos y la mano de obra se trabajaron igual que la resistencia de 140 kg/cm^2 variando las cantidades de los materiales debido al diseño de mezclas.

Tabla 53

Precio unitario de mezcla predosificada para pega de ladrillo.

PRECIO UNITARIO DE MEZCLA PREDOSIFICADA 125 kg/cm ²					
1.	Estimación de costos	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Estimación de la mezcla de 125 kg/cm ² (1 m ³)				
1.1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,3	Hora	\$ 6.250,00	\$ 1.875,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 120,00	\$ 120,00
	<i>Selladora</i>	0,3	Hora	\$ 41,67	\$ 12,50
	<i>Extractor de aire</i>	0,3	Hora	\$ 11,99	\$ 3,60
1.1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	390	Kg	\$ 380,00	\$ 148.200,00
	<i>Arena</i>	0,563	m ³	\$ 55.000,00	\$ 30.965,00
	<i>Empaque</i>	36,7	Und	\$ 200,00	\$ 7.340,00
1.1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (Preparar mezcla)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Empaque)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Sellado)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Valor Total				\$ 192.116,10
				Precio Paca	\$ 5.234,77

Fuente: Autores del proyecto.

De la comparación de los costos de la mezcla convencional Vs la mezcla predosificada y premezclada de 125 kg/cm^2 se obtuvieron valores de \$ 198.519,10 y \$ 196.906,99

respectivamente generando un ahorro del 0,81%. Para la mezcla convencional el tiempo de ejecución del equipo y la mano de obra se redujo en comparación a las otras mezclas debido a que la cantidad de cemento es menor. (Ver tabla 54)

Tabla 54

Comparación de costos de mezcla 125kg/cm2 convencional Vs predosificada

1 m3 MEZCLA CONVENCIONAL PREPARADA EN OBRA				
1. Estimación de la mezcla de 125 kg/cm2 (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1. Equipo				
<i>Mezcladora</i>	1,17	Hora	\$ 6.250,00	\$ 7.312,50
<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 1.082,25	\$ 1.082,25
1.2. Materiales				
<i>Cemento</i>	390	Kg	\$ 380,00	\$ 148.200,00
<i>Arena</i>	0,563	m3	\$ 55.000,00	\$ 30.965,00
<i>Agua</i>	0,277	m3	\$ 494,04	\$ 136,85
1.3. Cuadrilla				
Oficial (1)	1,17	hH	\$ 5.250,00	\$ 6.142,50
Ayudantes (1)	1,17	hH	\$ 4.000,00	\$ 4.680,00
Valor Total				\$ 198.519,10
1 m3 MEZCLA PREDOSIFICADA PREPARADA EN OBRA				
1. Estimación de la mezcla de 125 kg/cm2 (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1. Equipo				
<i>Mezcladora</i>	0,437	Hora	\$ 6.250,00	\$ 2.731,25
<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 174,80	\$ 174,80
1.2. Materiales				
<i>Mezcla predosificada</i>	36,7	Unid.	\$ 5.234,77	\$ 192.116,10
<i>Agua</i>	0,277	m3	\$ 494,04	\$ 136,85
1.3. Cuadrilla				
Ayudante (1)	0,437	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.748,00
Valor Total				\$ 196.906,99

Fuente: Autores del proyecto.

5.6.6. Mezcla de mortero para revoque. En la tabla 55 se muestra el análisis del precio unitario para una paca de 50 kg de 75 kg/cm², la cual tiene un valor de \$ 4.279,28. Los rendimientos para esta dosificación es de 0,0266 m³ para una paca, siendo necesario 37,6 de estas para 1m³ de mortero, los tiempos necesarios para los equipos y la mano de obra se trabajaron igual que las resistencias de 140 kg/cm² y 125 kg/cm² variando las cantidades de los materiales debido al diseño de mezclas.

Tabla 55

Precio unitario de mezcla predosificada para pega de ladrillo.

PRECIO UNITARIO DE MEZCLA PREDOSIFICADA 75 kg/cm2					
1.	Estimación de costos	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1.	Estimación de la mezcla de 75 kg/cm2 (1 m3)				
1.1.1.	Equipo				
	<i>Mezcladora</i>	0,3	Hora	\$ 6.250,00	\$ 1.875,00
	<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 120,00	\$ 120,00
	<i>Selladora</i>	0,3	Hora	\$ 41,67	\$ 12,50
	<i>Extractor de aire</i>	0,3	Hora	\$ 11,99	\$ 3,60
1.1.2.	Materiales				
	<i>Cemento</i>	300	Kg	\$ 380,00	\$ 114.000,00
	<i>Arena</i>	0,614	m3	\$ 55.000,00	\$ 33.770,00
	<i>Empaque</i>	37,6	Und	\$ 200,00	\$ 7.520,00
1.1.3.	Cuadrilla				
	Ayudante (Preparar mezcla)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Empaque)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Ayudante (Sellado)	0,3	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00
	Valor Total				\$ 160.901,10
				Precio Paca	\$ 4.279,28

Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos de la comparación de la mezcla convencional y la mezcla predosificada preparada en obra, utilizada para la elaboración de revoque o pañete en obra con una resistencia de 75 kg/cm². (Ver tabla 56)

Tabla 56

Comparación de costos de mezcla 75 kg/cm² convencional Vs predosificada

1 m3 MEZCLA CONVENCIONAL PREPARADA EN OBRA				
1. Estimación de la mezcla de 75 kg/cm ² (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1. Equipo				
<i>Mezcladora</i>	0,9	Hora	\$ 6.250,00	\$ 5.625,00
<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 1.192,50	\$ 1.192,50
1.2. Materiales				
<i>Cemento</i>	300	Kg	\$ 380,00	\$ 114.000,00
<i>Arena</i>	0,614	m ³	\$ 55.000,00	\$ 33.770,00
<i>Agua</i>	0,255	m ³	\$ 494,04	\$ 125,98
1.3. Cuadrilla				
Oficial (1)	0,9	hH	\$ 5.250,00	\$ 4.725,00
Ayudantes (1)	0,9	hH	\$ 4.000,00	\$ 3.600,00
Valor Total				\$ 162.678,48
1 m3 MEZCLA PREDOSIFICADA PREPARADA EN OBRA				
1. Estimación de la mezcla de 75 kg/cm ² (1 m3)	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Valor Total
1.1. Equipo				
<i>Mezcladora</i>	0,45	Hora	\$ 6.250,00	\$ 2.812,50
<i>Herramienta menor (10%)</i>			\$ 180,00	\$ 180,00
1.2. Materiales				
<i>Mezcla predosificada</i>	37,6	Unid.	\$ 4.279,28	\$ 160.901,10
<i>Agua</i>	0,255	m ³	\$ 494,04	\$ 125,98
1.3. Cuadrilla				
Ayudante (1)	0,45	hH	\$ 4.000,00	\$ 1.800,00
Valor Total				\$ 165.819,58

Fuente: Autores del proyecto.

De la tabla anterior se determinó que para la mezcla convencional se utilizó una cuadrilla 1x1, el tiempo de mezclado para cada ciclo es de 9 minutos siendo en total 54 minutos. Se obtuvo un valor por metro cubico de \$ 162.678,48.

Para la mezcla predosificada se realizan 5,37 ciclos de mezclado los cuales tienen una duración de 5 minutos por cada uno de estos, es decir, 27 minutos en total. Debido a la reducción de tiempos el precio por m³ fue \$ 165.819,58 obteniéndose un aumento de \$ 3.141,10 lo que representa porcentualmente un 1,93%.

Se realizó la comparación para cada una de las mezclas con el fin se evidenciar el comportamiento de los precios en cada una de ellas, se pudo determinar que la mezcla predosificada genera ganancias en cada una de las resistencias trabajadas excepto en la mezcla de mortero utilizada para revoque.

A continuación se muestra gráficamente la comparación de los costos de las mezclas para concreto y mortero, en la cual se evidencia que la mezcla predosificada de concreto disminuirá los costos en obra en el municipio de Ocaña al ser implementada, quizás no a gran escala pero si se tendrá una reducción en cada una de las resistencias trabajadas. (Ver figura 40)

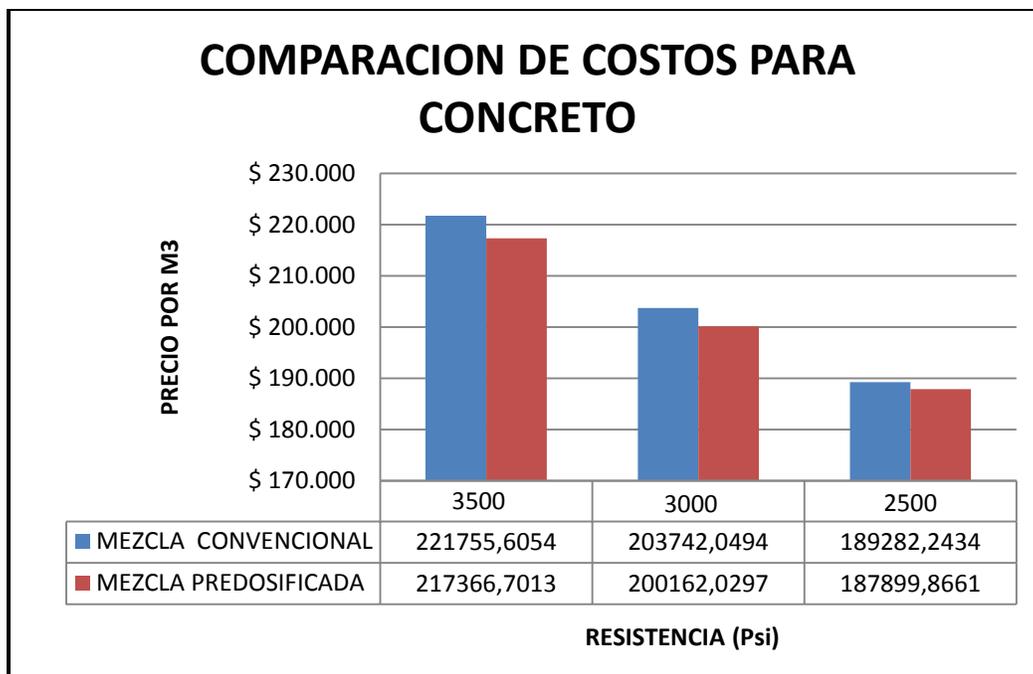


Figura 40 . Comparación de costos de concreto

En la figura 41 se muestra de manera gráfica los precios por m³ obtenidos para cada una de las resistencias de las mezclas de mortero, donde se evidencia que se obtiene una disminución en los costos siendo esto una ventaja al implementar el producto en el mercado con el fin que sea útil para cada uno de los proyectos de construcción del municipio de Ocaña y sus alrededores, siendo este el objetivo general de este proyecto de investigación.

La mezcla elaborada para el revoque, no genera una disminución en los costos ya que como se evidencia en la gráfica el m³ de mortero convencional es \$ 3.141,10 más económico que el de la mezcla predosificada, pero al igual que las otras mezclas genera expectativas de aceptación en el mercado debido a las muchas otras ventajas que esta aporta al ser utilizada en obra.

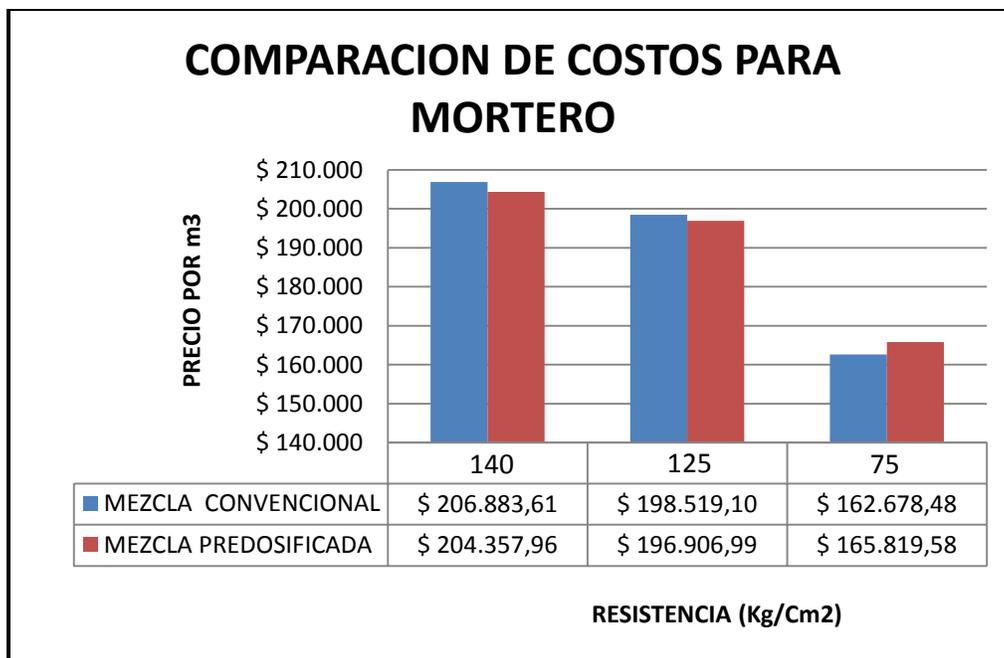


Figura 41. Comparación de costos para mortero

Como se mostró anteriormente se obtiene una disminución en los costos al implementar la mezcla predosificadas en las obras de construcción, pero además de esto se obtendrán otros beneficios como lo son el transporte de los materiales a los diferentes niveles de un edificio, este factor se ve relacionado con altura del piso y la dificultad para el transporte de los materiales, lo cual genera elevados costos para una construcción ya que se debe pagar el de la arena, el triturado y cemento por separado y al utilizar la mezcla predosificada solo se debe pagar por el transporte de la cantidad de pacas necesarias para dicha labor.

Además se obtendrán ventajas en cuanto al tiempo ya que como se mostró anteriormente el tiempo de mezclado es menor para la elaboración de la mezcla predosificada que para la

convencional, otro factor muy importante es la calidad ya que se emplearan dosificaciones precisas para cada elemento estructural dependiendo de la resistencia que sea necesaria.

5.6.7. Factor de mayoración. A continuación se muestran los factores de mayoración para diferentes niveles de un edificio, lo cual facilitara el cálculo del aumento de los precios debido al transporte de materiales a cada uno de ellos.

Inicialmente se debe conocer el aumento que se genera por el transporte de materiales a diferentes niveles de un edificio como se muestra en la tabla 57, estos precios dependen del nivel al que se vaya a transportar dicho material y la dificultad al subirlo. Para las mezclas predosificadas solo se tendrá en cuenta el precio por transporte de las pacas, el cual se toma el mismo del cemento ya que cuenta con la misma cantidad (50 kg), siendo esta la presentación que se tomó para la elaboración de los costos.

Tabla 57

Precios de transporte de los materiales a diferentes niveles

PRECIOS DE TRANSPORTE DE MATERIAL				
Material	Cantidad	Unidad	PISO 2	PISO 3
ARENA	6	m3	\$ 80.000	\$ 180.000
TRITURADO	6	m3	\$ 80.000	\$ 180.000
CEMENTO	1	Bulto	\$ 200	\$ 500

Fuente: Autores del proyecto.

Para el cálculo de los factores de mayoración se deben conocer las cantidades de cada uno de los materiales a emplear en la elaboración de la mezcla, en la siguiente tabla se muestran estas cantidades las cuales se obtuvieron del diseño de mezclas. (Ver tabla 58)

Tabla 58

Cantidades de los materiales para 1 m³ de mezcla

CANTIDADES DE LOS MATERIALES			
RESISTENCIA	ARENA (m ³)	TRITURADO (m ³)	CEMENTO (Kg)
3500 Psi	0,359	0,293	8
3000 Psi	0,366	0,3	7,14
2500 Psi	0,372	0,305	6,45
140 Kg/cm ²	0,559		8,2
125 Kg/cm ²	0,563		7,8
75 Kg/cm ²	0,614		6

Fuente: Autores del proyecto.

Con el factor de mayoración se facilita el cálculo del precio de un metro cúbico (1m³) de concreto de cualquiera de las resistencias trabajadas para un segundo y tercer piso, solamente se debe multiplicar el valor que se obtuvo para el piso 1 por el factor de mayoración correspondiente, (Ver tabla 59)

Para el cálculo de 1 m³ de mortero de cualquier resistencia se hace el mismo procedimiento que para el concreto. En la tabla 60 se muestran los factores de mayoración obtenidos los cuales facilitaran el cálculo para los dos pisos siguientes.

Tabla 59*Factor de mayoración para concreto*

FACTOR DE MAYORACION PARA CONCRETO				
		PISO 1	PISO 2	PISO 3
M. CONVENCIONAL 3500 PSI	\$	221.755,61	1,046	1,106
M. PREDOSIFICADA 3500 PSI	\$	217.366,70	1,040	1,099
M. CONVENCIONAL 3000 PSI	\$	203.742,05	1,051	1,116
M. PREDOSIFICADA 3000 PSI	\$	200.162,03	1,043	1,106
M. CONVENCIONAL 2500 PSI	\$	189.282,24	1,055	1,124
M. PREDOSIFICADA 2500 PSI	\$	187.899,87	1,045	1,113

Fuente: Autores del proyecto.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos para el concreto y mortero se determina que la diferencia en los precios aumenta, es decir a medida que aumenta el nivel del edificio aumenta el ahorro al implementar la mezcla predosificada, lo cual genera un gran beneficio al proyecto donde se utilice estas mezclas.

Tabla 60*Factor de mayoración para mortero*

FACTOR DE MAYORACION PARA MORTERO				
		PISO 1	PISO 2	PISO 3
M. CONVENCIONAL 140 Kg/cm ²	\$	206.883,61	1,044	1,101
M. PREDOSIFICADA 140 Kg/cm ²	\$	204.357,96	1,036	1,090
M. CONVENCIONAL 125 Kg/cm ²	\$	198.519,10	1,046	1,105
M. PREDOSIFICADA 125 Kg/cm ²	\$	196.906,99	1,037	1,093
M. CONVENCIONAL 75 Kg/cm ²	\$	162.678,48	1,058	1,132
M. PREDOSIFICADA 75 Kg/cm ²	\$	165.819,58	1,045	1,113

Fuente: Autores del proyecto.

A continuación se muestran las gráficas precio por m³ Vs número de piso para cada una de las resistencias trabajadas de concreto y mortero, con el fin de facilitar la observación de los datos obtenidos y tener una mejor comprensión de los mismos.

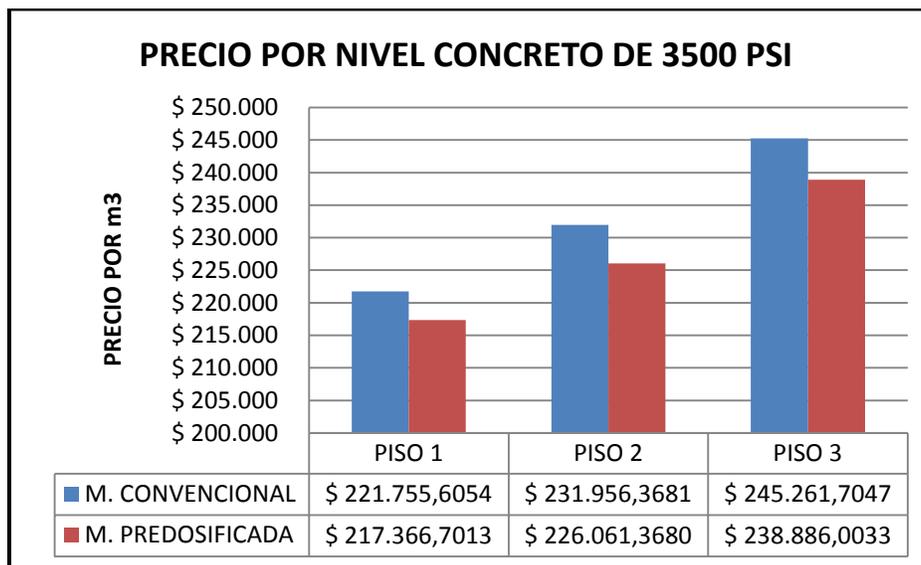


Figura 42. Precio por nivel concreto de 3500 psi

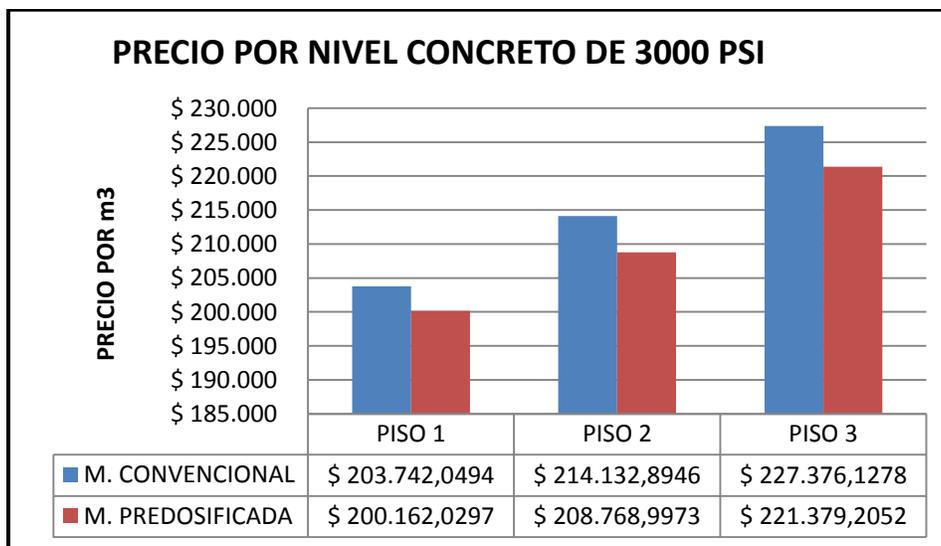


Figura 43. Precio por nivel concreto de 3000 psi

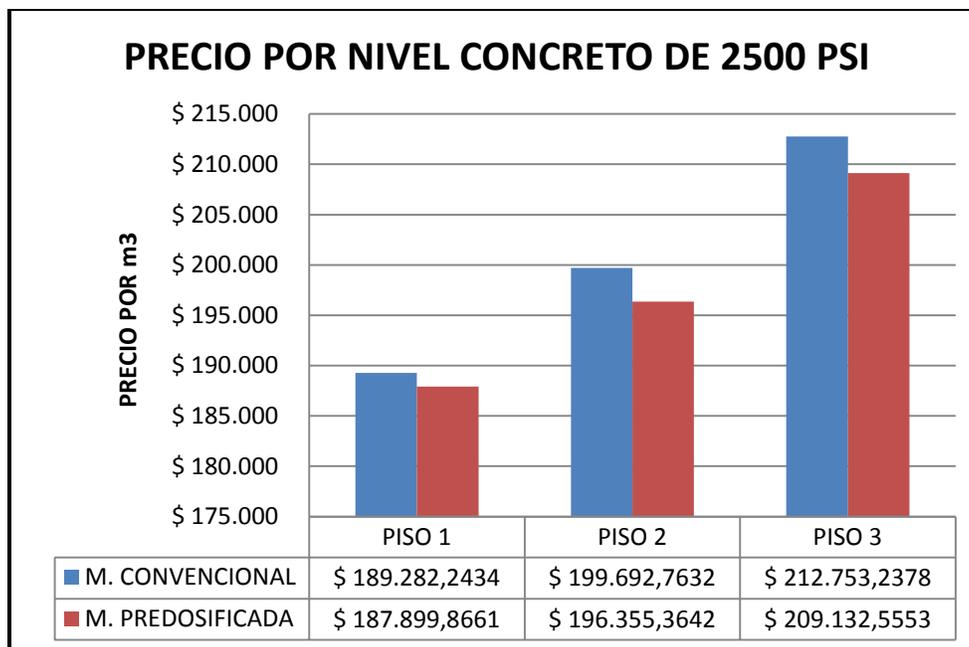


Figura 44. Precio por nivel concreto de 2500 psi.

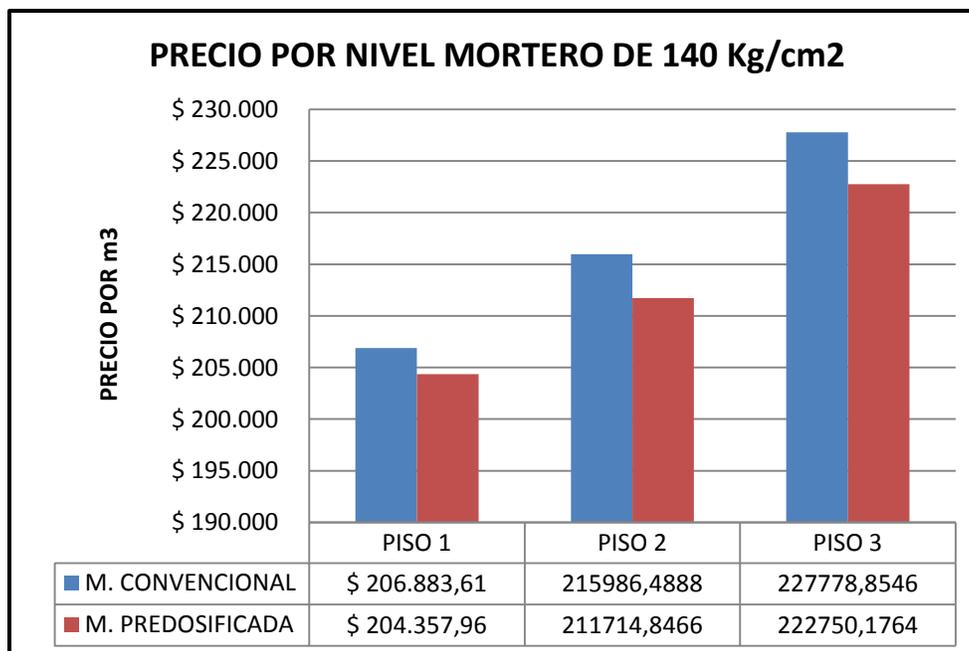


Figura 45. Precio por nivel mortero de 140 kg/cm²

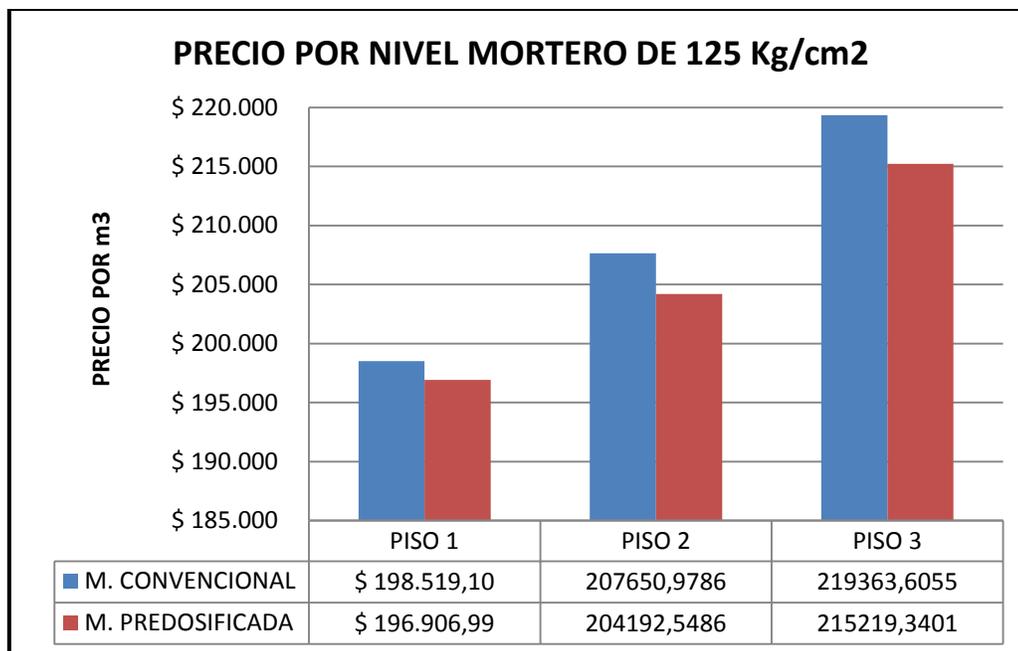


Figura 46. Precio por nivel mortero de 125 kg/cm²

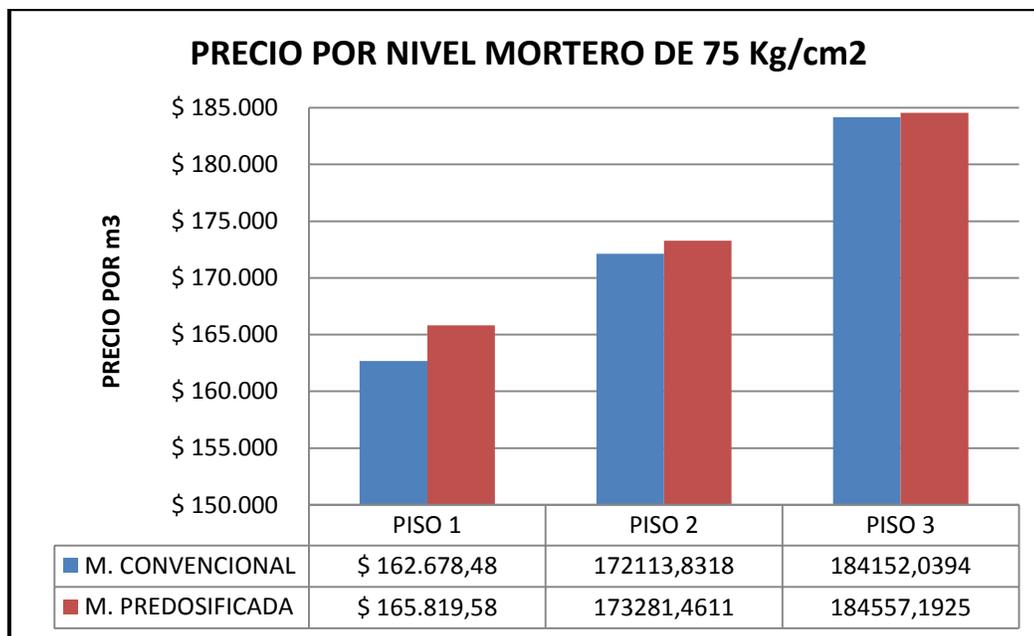


Figura 47. Precio por nivel mortero de 75 kg/cm²

5.6.8. Análisis de la encuesta. Con el fin de conocer la opinión de algunas personas sobre las mezclas predosificadas de concreto y mortero se elaboró esta encuesta, la cual nos lleva a tener una idea de la aceptación de estas y dar a conocer el producto para quienes no tienen conocimiento del mismo.

Contamos con la colaboración de dos ingenieros civiles y un maestro de obra, los cuales respondieron cada una de las preguntas y además de esto brindaron su punto de vista con respecto a la utilización de estas mezclas en obra. Dos de estas personas, es decir, el 66,67% de los encuestados no tenían conocimiento de la existencia de estas, por lo tanto expresaban no tener la confiabilidad suficiente para emplearla en sus proyectos de construcción, después de escuchar los beneficios y ventajas que estas generan dos de ellos coincidieron en que si utilizarían estas mezclas en obras que estén a su cargo

Al compartir las opiniones el 100% de los encuestados coincidieron en que existe la necesidad de crear una empresa en el municipio que se encargue de la producción de estas mezclas, ya que esto ayudaría al desarrollo de la comunidad desde el punto de vista social y económico generando beneficios en cada uno de las obras de construcción donde sea utilizado, el 33,33% de ellos expreso conocer algunos de estos benéficos.

Dos de los entrevistados indicaron que la implementación de estas mezclas si generarían beneficios económicos y brindaron sus razones al respecto, las cuales se fundamentaron con el

análisis financiero que se realizó como cumplimiento de un objetivo del presente trabajo de grado.

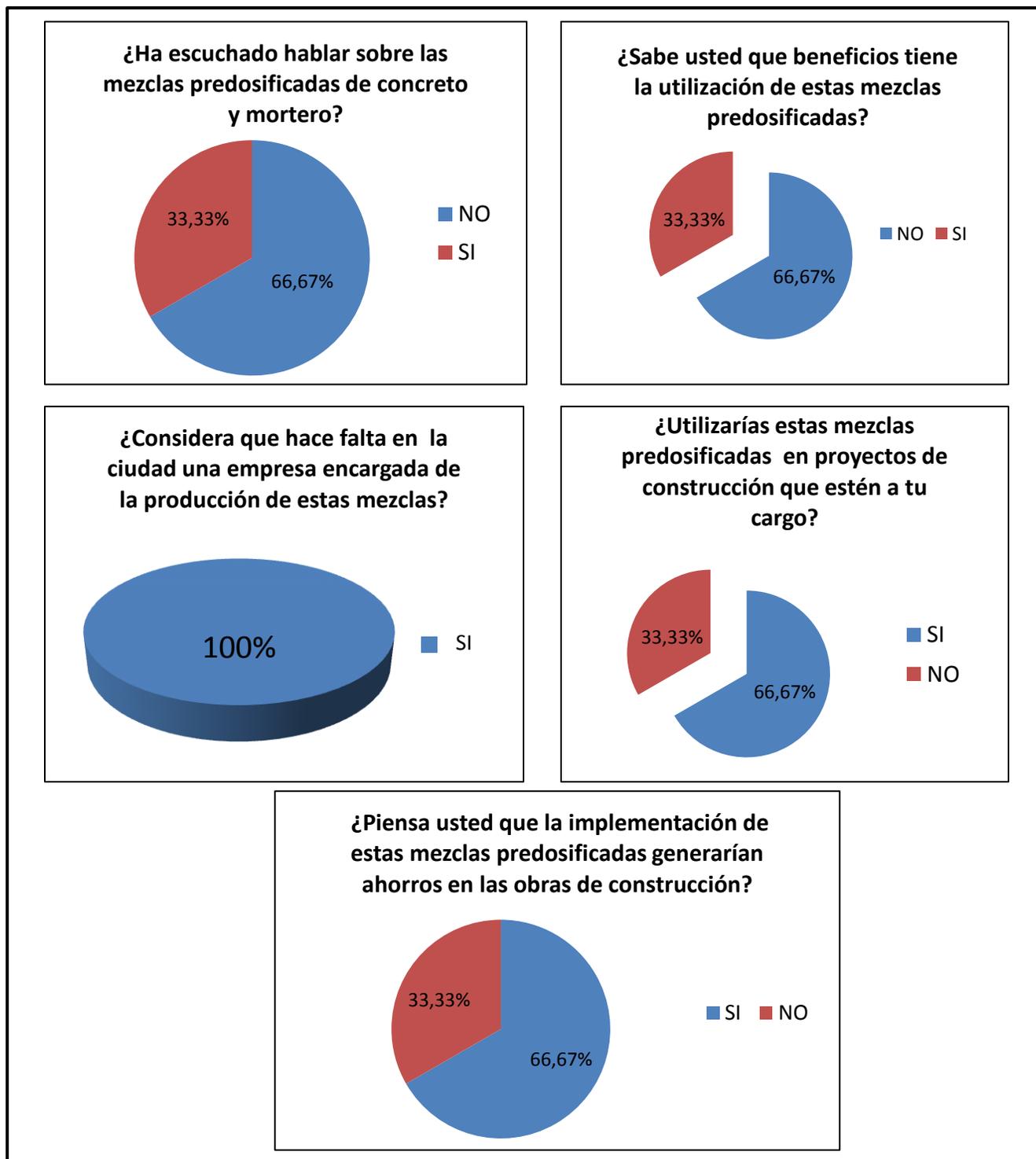


Figura 48. Análisis de la encuesta realizada

Capítulo VI. Conclusiones

Para el diseño de mezclas se obtuvo una optimización granulométrica de 45% grava y 55% arena, esto debido a la composición de los agregados especialmente de la grava, la cual presenta una granulometría donde se muestra que el 90,34% corresponde a tamaños de ½” y 3/8” por esta razón se requiere un mayor porcentaje de arena para cumplir con el rango granulométrico recomendado por el método RNL (Road Note Laboratory). Con la elaboración de estos diseños se consigue la dosificación más económica y se mantiene la manejabilidad y homogeneidad en cada una de las mezclas trabajadas para el concreto y el mortero.

En cuanto a la resistencia a la compresión obtenida de las mezclas de concreto y mortero empacadas al vacío para una periodo de 3 meses, se destacada que se efectuaron ensayos en intervalos mensuales a una edad de curado de 28 días, dichos ensayos permitieron establecer que esta propiedad no presentó un patrón constante de crecimiento o disminución respecto al tiempo, sino que por el contrario oscilaban entre los dos comportamientos, además de esto se determinó que las resistencias obtenidas fueron superiores a los estipulado previamente en el diseño de mezclas, lo expuesto anteriormente nos da las fundamentos para afirmar que estas mezclas al encontrarse empacadas al vacío conservan las propiedades físicas y mecánicas con las cuales fueron diseñados, especialmente el cemento ya que se evitó que las propiedades se vieran afectadas formándose grumos y solidificándose.

Uno de los factores más importantes para obtener un concreto o mortero de buena calidad es el agua, ya que el no suministrar la cantidad exacta del mismo incidirá negativamente en las propiedades del concreto, es decir, si se le adiciona más de la indicada se provocara la formación de muchos poros una vez el agua se evapore y no se obtendrá un hormigón homogéneo, por otro lado si se le agrega menos de la necesaria se producirá un hormigón denso y seco, difícil de compactar y de homogeneizar lo que desencadenará en un concreto o mortero de baja resistencia, es por esta razón que para las mezclas predosificadas y premezcladas se elaboró una tabla para cada una de las presentaciones del producto, es decir, 20, 35 y 50 Kg, en la cual se estipuló la cantidad de agua exacta para cada una de ellas teniendo como punto de referencia la resistencia que se desea obtener, esto con el fin de garantizar un mejor comportamiento del producto en obra.

Con respecto a la evaluación financiera elaborada para un(1) m³ de cada una de las mezclas de concreto y mortero, se obtuvo que cinco (5) de las mezclas predosificadas generan un ahorro en comparación a las mezclas convencionales, para la mezcla de concreto de 3500 psi se logra un ahorro del 1.98% lo que equivale a \$4.388,90, para la de 3000 psi, 1.76% equivalente a \$3.580,02 y para la de 2500 psi, 0.73% lo que corresponde a \$1.382,33, en cuanto a las mezclas de mortero para la de 140 Kg/cm² se genera un ahorro del 1.22% lo que representa \$ 2.525,65, para la de 125 kg/cm² se alcanza un ahorro del 0.81% equivalente a \$1.612,11 y para la mezcla de 75 Kg/cm² se obtiene un aumento al utilizar la mezcla predosificada del 1.93% lo que corresponde a \$3.141.10, esto debido a las cantidades obtenidas en el diseño de mezclas para esta, ya que la resistencia de diseño es baja y los tiempos de ejecución de los equipos y la mano de obra es alta en comparación a esta. Estos datos representan los costos por m³ para un primer

piso de una edificación, para los siguientes niveles se emplearon factores de mayoración los cuales facilitan el cálculo del aumento del costo por m^3 debido al transporte de los materiales, de lo cual se pudo concluir que entre más alto el nivel de la edificación mayor es el ahorro que se genera al implementar las mezclas predosificadas.

Con la utilización en obra de estas mezclas predosificadas se obtienen beneficios en cuanto al costo, tiempo y calidad. Como se mostró anteriormente cinco de las mezclas representan un ahorro al ser implementadas lo que genera una gran ventaja para grandes proyectos de construcción donde el ahorro sería considerable. Por otro lado durante el desarrollo del presente trabajo se logró determinar que el producto en cuestión reducirán los tiempos de ejecución, debido a que este solo se le debe agregar la cantidad exacta de agua y estarán listas para usar, además se encontró que al utilizar las mezclas predosificada de concretos y morteros se presenta una disminución en la mano de obra lo que incidirá en dos factores fundamentales de toda construcción civil: costo y tiempo, es decir, ya no se empleara el mismo tiempo en hacer dichas mezclas debido a la facilidad de las predosificadas y se requerirá de menos trabajadores para elaboración de la misma. En cuanto a la calidad, esta se encuentra al adquirir dosificaciones específicas, ya que no se incurrirá en errores como suele suceder al elaborar las mezclas convencionales debido a que muchas veces no se trabaja la resistencia indica para la construcción de diferentes elementos dentro de una obra, estos factores nos llevan a tener gran expectativa de aceptación y utilización de estas mezclas al ser incorporadas en el mercado.

Capítulo VII. Recomendaciones

Se recomienda continuar con la investigación, esto con el objetivo de aumentar el tiempo de almacenamiento de las mezclas empacadas al vacío, ya que como se pudo apreciar en el desarrollo del presente trabajo de investigación las muestras fueron analizadas durante 3 meses en los cuales se obtuvieron los resultados esperados, sin embargo consideramos que es de suma importancia determinar el tiempo límite de almacenamiento del producto, es decir, establecer a partir de qué momento las mezclas predosificadas empiezan a surgir efectos negativos en las resistencias de las mismas y si las propiedades de los materiales se continúan conservando o se producen daños.

En base a los estudios realizados, se recomienda utilizar estas mezclas predosificadas y premezcladas en las obras presentes en el municipio de Ocaña y sus alrededores, lo cual generaría un desarrollo económico y social en la comunidad debido a las ventajas que tiene la utilización de las mezclas y de esta manera darle un provecho a la investigación realizada, en la cual se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la resistencia y la calidad.

Se recomienda la elaboración de un estudio de mercado más completo, donde se analicen las ganancias y las pérdidas que se pueden tener al implementar las mezclas en el mercado, teniendo en cuenta los ingresos y los egresos que se generen.

Referencias

- Anguiano, J. R. y Pérez, M. O. (2013). Tecnología del concreto. Recuperado de https://www.academia.edu/7037474/La_importancia_del_concreto_como_material_de_construccion.
- Asociación Argentina del hormigón elaborado. Concreto Premezclado Vs Concreto hecho en obra. Tecnología, 1. Recuperado de <http://www.imcyc.com/ct2008/oct08/tecnologia.htm>.
- Concremax. (2015). Todo no estaba dicho en el mundo de las mezclas secas: Tarrajeo fácil proyectable. Propuestas eficientes. Recuperado de <http://www.firth.com.pe/noticia/concreman>.
- Niño, K. A. (2013). Ocaña, Norte de Santander. Mi Ocaña bella. Recuperado de <http://mibellaocana.blogspot.com.co/2013/05/ocana.html>.
- Ropero, W. L. y Guzman, A. (2014). Caracterización físico-mecánica de los agregados pétreos en el municipio de Ocaña. (Tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña.
- Industrias plásticas Probolsas. (2015). Reseña histórica. Recuperado de <http://probolsas.com/>
- Pérez, J. y Merino, M. (2010). Definición de concreto. Recuperado de <http://definicion.de/concreto>.
- Salamanca Correa, R. (2001). La tecnología de los morteros. Facultad de ingenierías de la Universidad militar Nueva Granada.
- Polanco, J.A. Y Setien J. (2016). Cementos, morteros y hormigones. Morteros y hormigones. Universidad de Cantabria, España. Recuperado de http://ocw.unican.es/enseñanzas-técnicas-cementos-morteros-y-hormigones/materiales/3_Morteros_hormigones1.pdf
- Euge. El cemento, material fundamental en construcción. Definición, tipos y usos del cemento en la construcción. Recuperado de <http://ideasparaconstruir.com/n/4017/el-cemento-en-la-construccion.html>
- Apaza, D. (2012). Características e historia del cemento. Facultad de ingeniería Universidad Peruana Unión, Juliaca.
- ARQHYS. (2012). Dosificación del concreto. Revista ARQHYS.com. Recuperado de <http://www.arqhys.com/arquitectura/concreto-dosificacion.html>.

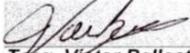
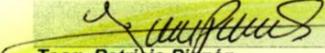
- Leroy Merlin S.A. (2002). Dosificar y preparar mortero y hormigón. Bricolaje- construcción- decoración- jardinería. Recuperado de <http://docplayer.es/5535336-Bricolaje-construccion-decoracion-jardineria-dosificar-y-preparar-mortero-y-hormigon.html>.
- Ocampo, S. (2014). Atmosferas controladas y empaque al vacío. Recuperado de <https://prezi.com/yaciqedeklu8/atmosferas-controladas-y-empaque-al-vacio/>
- Gutiérrez, L. (2013). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.
- Ayala, D. (2008). Comparación Técnica-Económica de los cementantes predosificados utilizados en morteros para repello versus los morteros elaborados con cemento blanco ASTM C 150 tipo I y cal (Tesis de pregrado). Universidad de el Salvador, San Salvador.
- Pérez, J. (2015). Definición de arena. Recuperado de <http://definicion.de/arena/>
- Cemex (2016). Soluciones para el constructor. Recuperado de <http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/PegaPanete.aspx>
- Belarbi, A. (2006). La importancia de los laboratorios. Construcción y tecnología. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistact06/dic06/INGENIERIA.pdf>
- Arboleda S.A. (2014). Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Silva, O. J. (2016). Generalidades y tipos de aditivos para el concreto según la NTC 1299. Tecnología del concreto: Materiales y propiedades. Recuperado <http://blog.360gradosenconcreto.com/generalidades-y-tipos-de-aditivos-para-el-concreto-segun-la-ntc-1299/>
- Shujel. (2008). Que es el estudio de mercado. Emprendedores. Recuperado de <http://www.blog-emprendedor.info/que-es-el-estudio-de-mercado/>
- Arenas, A. (2016). Cemento, concreto y hormigón armado. El cemento. Recuperado de <http://www.sabelotodo.org/construccion/cemento.html>
- Goldenhorn, S. Proceso de fabricación del cemento portland clinker propiedades y características. Revista Tecnirama N° 29. Recuperado de <http://historiaybiografias.com/cemento>.
- Cementos Bio Bio. Cementos, fabricación y clasificación. Fabricación del cemento. Recuperado de http://www.cbb.cl/Cementos/PutDocument.aspx?File=576096_CEMENTO%20FABRICAC.pdf

- Reyes, J.L, Genc, O. y Navarro J. (2006). Efecto de la carga circulante de molienda de cementos en los parámetros del modelo matemático. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- Huiñapi, C. Fabricación del cemento Portland. Tecnología de los materiales. Recuperado de https://www.academia.edu/8816000/FABRICACIÓN_DEL_CEMENTO_PORTLAND.
- Canal construcción (2016). Cemento Portland usos y tipos. Recuperado de <http://canalconstruccion.com/cemento-portland-usos-y-tipos.html>.
- Vizcardo, T. y Trinidad, L. (2014). Agregados para la construcción (Piedra y arena). Universidad Nacional Federico Villareal, Lima.
- Escarza, B. (2011). Agregados en la construcción. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/58373108/AGREGADOS-EN-LA-CONSTRUCCION>.
- Arkiplus, (2014). El uso del agua en la construcción. Construcción. Recuperado de <http://www.arkiplus.com/el-uso-del-agua-en-construccion>.
- Arce, K. (2016). Aguas y sustancias agresivas. Aguas aptas para el hormigón. Recuperado de <https://prezi.com/arop4-gosq-e/aguas-y-sustancias-agresivas/>.
- Metha, K. y Monteiro, P. (2000). Supervisión de estructuras de concreto. Propiedades del concreto y sus componentes. Estructural, Propiedades y Materiales, Pág. 3.
- Nilson, A. (2000). Diseño de Estructuras de Concreto, EDITORIAL MC GRAW-HILL, Pág. 1. Recuperado de <http://edgardodlconcreto.weebly.com/11-propiedades-del-concreto-y-sus-componentes.html>.
- González, F. Manual de supervisión de obras de concreto. (2004), México, D.F. Editorial Limusa, S.A.
- Carrasco, F. (2013). Propiedades de la mezcla fresca de hormigón. Tecnología del hormigón. Universidad Tecnológica Nacional Santa fe, Argentina.
- Fundación Ica. (Miércoles 22 de marzo del 2000). Efectos en el concreto fresco. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos4/concreto/concreto.shtml>
- Tarelo, H. C. Propiedades del concreto (Tesis de maestría). Concreto en estado fresco. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México.
- García, J. A. (2010). Determinación de la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto (caso prevesa) (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Civil. Bucaramanga.
- Instituto Nacional de Vías (Invias).

- Fidias, A. (2012). Tipos y diseños de la investigación. Investigación experimental o diseño experimental. Recuperado de http://planificaciondeproyctosemirarismendi.blogspot.com.co/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html
- Hernandez, R. (2004). Investigación Correlacional. Metodología de la Investigación. Editorial Felix Varela, La Habana. Recuperado de https://www.ecured.cu/Investigaci%C3%B3n_Correlacional.
- El pensante (Abril 7, 2016). La investigación aplicada, qué es y en qué consiste. Bogotá: E-Cultura Group. Recuperado de <https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-aplicada-que-es-y-en-que-consiste/>.
- Tamayo, M. (2011). El Proceso de la Investigación científica. Tesis de investigación población y muestra. Editorial Limusa S.A. México. Recuperado de <http://tesisdeinvestig.blogspot.com.co/2011/06/poblacion-y-muestra-tamayo-y-tamayo.html>.
- Flórez, L. Análisis de los datos. República Bolivariana de Venezuela. Instituto Universitario de Tecnología. Recuperado de <https://es.slideshare.net/srleandroflores/analisis-de-los-datos>.
- Delgado, A. (2011). Introducción a la ingeniería, Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/57033127/DISENO-DE-MEZCLA>.
- Niño Hernandez, J. R. Tecnología del concreto – Tomo 1: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. Tercera edición. Bogotá: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Asocreto, 2010. ISBN 978-958-8564-03-6.
- Rivero, G .A. concreto simple, dosificación de morteros. Recuperado de ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor_gerardo_rivera/Posgrado%20VIAS%202009/Tecnolog%EDa%20del%20Concreto%20-%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2009%20-%20Dosificaci%F3n%20de%20morteros.pdf
- Salamanca, R. (1985) Artículo: Dosificación de morteros. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional
- Galvis, J. (1988) Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales. Informe de investigación. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales.

Apéndices

Apéndice A. Certificado de calibración máquina de ensayos de compresión.

	PINZUAR LTDA LABORATORIO DE METROLOGÍA ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO		
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA Calibration Certificate - Laboratory of Force			
			Número: F-3082 Number
OBJETO DE PRUEBA: <small>Instrument</small> Rangos <small>Measurement range</small> FABRICANTE <small>Manufacturer</small> Modelo <small>Model</small> Serie <small>Identification number</small> Ubicación de la máquina <small>Location of the machine</small> Norma de referencia <small>Norm of used reference</small> Intervalo calibrado <small>Calibrated interval</small> Solicitante <small>Customer</small> Dirección <small>Address</small> Ciudad <small>City</small> PATRON(ES) UTILIZADO(S) <small>Measurement standard</small> Tipo / Modelo <small>Type / Model</small> Rangos <small>Measurement range</small> Fabricante <small>Manufacturer</small> No. serie <small>Identification number</small> Certificado de calibración <small>Calibration certification</small> Incertidumbre de medida <small>Uncertainty of measurement</small> Método de calibración <small>Method of calibration</small> Unidades de medida <small>Units of measurement</small> FECHA DE CALIBRACIÓN <small>Date of calibration</small> FECHA DE EXPEDICIÓN <small>Date of Issue</small>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN 1000 KN PINZUAR LTDA. PC - 165 181 Laboratorio de Ensayos SUELOS Y CONCRETOS S.A.S. ; Ocaña - Norte de Santander NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25) Del 20% al 100% del Rango SUELOS Y CONCRETOS S.A.S. Calle 27 No. 7 - 50 Ocaña - Norte de Santander CELDA DE CARGA / DYNAMOMETER KAL 1 MN AEP 712238 / 6293-2010-10 INM 1794 0,090 % Comparación Directa Sistema Internacional de Unidades (SI) 2016 - 08 - 24 2016 - 09 - 13	Pág. 1 de 3	
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <small>Number of pages of this certificate and documents attached</small>			3
FIRMAS AUTORIZADAS <small>Authorized Signatures</small>			
 Tcg. Victor Ballesteros Director Laboratorio Metrologia.	 Tcg. Patricia Pinzón Metrologo Laboratorio Metrologia.		
<small>Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.</small> <small>This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.</small> <small>Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.</small> <small>El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.</small> <small>The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.</small>			
<small>Laboratorios - Calle 18 N° 103 B - 72 Bogotá, D.C. Colombia</small>	<small>Teléfonos: 4157020 - 5401515</small>	<small>www.pinzuar.com.co labmetrologia@pinzuar.com.co</small>	



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-004

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **F-3082**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: Prensa Para Ensayos a Compresión

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN **Resolución:** 0,1 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	100,0	99,477	99,111	No Aplica	99,109	No Aplica
20	200,0	200,41	199,73		198,95	
30	300,0	300,51	300,61		299,95	
40	400,0	401,84	401,07		400,67	
50	500,0	502,61	501,87		501,52	
60	600,0	603,43	602,68		602,25	
70	700,0	704,57	703,94		702,94	
80	800,0	805,17	804,26		803,76	
90	900,0	907,04	905,65		905,45	
100	1000,0	1008,0	1006,9		1006,7	
Indicación despues de Carga:		0,00	0,9		0,00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
10	100	0,77	0,37	No Aplica	No Aplica	0,10	0,35
20	0200	0,15	0,73			0,05	0,52
30	0300	-0,12	0,22			0,03	0,23
40	0400	-0,30	0,29			0,03	0,27
50	0500	-0,40	0,22			0,02	0,22
60	0600	-0,46	0,20			0,02	0,21
70	0700	-0,54	0,23			0,01	0,23
80	0800	-0,55	0,17			0,01	0,20
90	0900	-0,67	0,18			0,01	0,20
100	1000	-0,71	0,12			0,01	0,17
Error Relativo de Cero fo (%)		0,09					

Metrólogo de Calibración: Miguel Vela Avellaneda

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizo bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: **26,0 °C**
Temperatura Máxima: **26,7 °C**

Humedad Mínima: **48 % Hr**
Humedad Máxima: **54 % Hr**



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-004

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **F-3082**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: Prensa Para Ensayos a Compresión

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN **Resolución:** 0,1 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	100,0	99,477	99,111	No Aplica	99,109	No Aplica
20	200,0	200,41	199,73		198,95	
30	300,0	300,51	300,61		299,95	
40	400,0	401,84	401,07		400,67	
50	500,0	502,61	501,87		501,52	
60	600,0	603,43	602,68		602,25	
70	700,0	704,57	703,94		702,94	
80	800,0	805,17	804,26		803,76	
90	900,0	907,04	905,65		905,45	
100	1000,0	1008,0	1006,9		1006,7	
Indicación despues de Carga:		0,00	0,9		0,00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
%	kN	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)	U± (%) k=2
10	100	0,77	0,37	No Aplica	No Aplica	0,10	0,35
20	0200	0,15	0,73			0,05	0,52
30	0300	-0,12	0,22			0,03	0,23
40	0400	-0,30	0,29			0,03	0,27
50	0500	-0,40	0,22			0,02	0,22
60	0600	-0,46	0,20			0,02	0,21
70	0700	-0,54	0,23			0,01	0,23
80	0800	-0,55	0,17			0,01	0,20
90	0900	-0,67	0,18			0,01	0,20
100	1000	-0,71	0,12			0,01	0,17
Error Relativo de Cero fo (%)		0,09					

Metrólogo de Calibración: Miguel Vela Avellaneda

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizo bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: **26,0 °C** Humedad Mínima: **48 % Hr**
Temperatura Máxima: **26,7 °C** Humedad Máxima: **54 % Hr**

Apéndice B. Encuesta.

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Encuesta sobre las mezclas de concreto y mortero convencionales y predosificadas

Trabajo de Grado: Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander.

Información Personal

Nombres y apellidos: _____

Ocupación: _____

1. ¿Ha escuchado hablar sobre las mezclas predosificadas de concreto y mortero?

SI ___ NO ___

2. ¿Sabe usted que beneficios tiene la utilización de estas mezclas predosificadas?

SI ___ NO ___

3. ¿Considera que hace falta en la ciudad una empresa encargada de la producción de estas mezclas?

SI ___ NO ___

4. ¿Piensa usted que la implementación de estas mezclas predosificadas generarían ahorros en las obras de construcción?

SI ___ NO ___

5. ¿Utilizarías estas mezclas predosificadas en proyectos de construcción que estén a tu cargo?

SI ___ NO ___

Apéndice C. Formato de contenido de humedad de agregado fino y grueso.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		 <p>UFPS EN EL FUTURO DE TODOS OCAÑA</p>	
CONTENIDO DE HUMEDAD (INV 122-07) AGREGADO FINO Y GRUESO			
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.	ALUMNOS: Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.		
N° DE PRUEBA	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Peso del recipiente (gr)			
Peso del recipiente mas suelo humedo (gr)			
Peso del recipiente mas suelo seco (gr)			
Peso del suelo seco (gr)			
Peso del agua (gr)			
CALCULOS			
Contenido de Agua (%)			
% de humedad promedio			

Apéndice D. Gravedad específica de agregado fino.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA				
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (INV 222-07) AGREGADO FINO				
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:			
		Yessica Marcela Prado V.		
	Sergio Andres Guerrero A.			
Peso del recipiente (gr)				
Peso del recipiente mas muestra sin lavar (gr)				
N° PRUEBAS	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	
S= Masa de la muestra saturada y superficialmente seca				
B= Peso del picnometro lleno de agua (gr)				
C= Peso del picnometro aforado con la muestra y lleno de agua (gr)				
Peso del recipiente en el que se hecho al horno (gr)				
Peso del recipiente mas la muestra seca (gr)				
A= Peso de la muestra seca (gr)				
CALCULOS				PROMEDIO
Gravedad especifica aparente (gr/cm3)				
Gravedad especifica bulk (gr/cm3)				
Gravedad especifica bulk SSS (gr/cm3)				
Absorcion (%)				

Apéndice E. Gravedad específica de agregado grueso.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		 <p>EN EL FUTURO DE TODOS OCAÑA</p>
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (INV 223-07) AGREGADO GRUESO		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS:	
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

	UNIDADES	
Peso del recipiente		
Peso del recipiente mas muestra sin lavar		
N° PRUEBAS		PRUEBA 1
Ms=Peso de la muestra saturada y superficialmente seca		
Peso del tamiz		
Peso sumergido		
Mi= Peso sumergido neto		
M= Peso de la muestra seca		
CALCULOS		
Densidad Nominal		
Densidad Aparente		
Absorcion		

Apéndice F. Masa unitaria suelta y compacta para agregados.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA						
MASA UNITARIA (INV 217-07) AGREGADO FINO Y GRUESO						
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS:					
	Yessica Marcela Prado V.					
Sergio Andres Guerrero A.						
N° PRUEBAS	SUELTA			COMPACTA		
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Peso del molde mas agregado (gr)						
Peso promedio (gr)						
Peso del agregado (gr)						
Peso del cilindro (gr)						
Volumen del cilindro (cm3)						
CALCULOS						
Masa Unitaria (Kg/m3)						
Masa Unitaria (gr/cm3)						

Apéndice H. Resistencia al desgaste del agregado grueso.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
RESISTENCIA AL DESGASTE (INV 218-07) AGREGADO GRUESO		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS:	
	Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

Gradacion empleada	
Carga abrasiva	
Revoluciones	
P1 (Masa muestra seca antes del ensayo)	
P2 (Masa muestra seca despues del ensayo, previo lavado tamiz N. 12)	
CALCULOS	
% Desgaste	

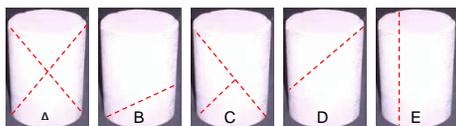
Apéndice I. Formato de densidad del cemento.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		
DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRAULICO (INV 307-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, norte de Santander	ALUMNOS: Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	
NOMBRES	UNIDADES	DATOS
Peso de la muestra		
Lectura inicial		
Lectura final		
Volumen desplazado		
CALCULOS		
Densidad		
Densidad		

Apéndice J. Formato de resistencia a la compresión del concreto.

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO (INV 410-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS:	
	Yessica Marcela Prado V.	
	Sergio Andres Guerrero A.	

COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO			
ALTURA (Cm)			
DIAMETRO (Cm)			
PESO (Kg)			
AREA (Cm2)			
AREA(In2)			
EDAD (Días)			
VOLUMEN (Cm3)			
DENSIDAD (Kg/Cm3)			
CARGA (Kn)			
CARGA (Lb)			
RESISTENCIA (PSI)			
DESARROLLO (%)			
TIPO DE FALLA			



TIPOS DE FALLAS (Tomado de laboratorio de resistencia de materiales UFPSO)

Apéndice K. Formato de resistencia a la compresión de mortero.

LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S		 <p>LABORATORIO SUELOS Y CONCRETOS S.A.S.</p>
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTERO (INV 323-07)		
Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el municipio de Ocaña, Norte de Santander	ALUMNOS: Yessica Marcela Prado V. Sergio Andres Guerrero A.	

COMPRESION DE PROBETAS DE MORTERO			
ALTURA (Cm)			
PESO (Kg)			
AREA (Cm2)			
EDAD (Dias)			
VOLUMEN (Cm3)			
DENSIDAD (Kg/Cm3)			
CARGA (Kn)			
RESISTENCIA (Kg/cm2)			
DESARROLLO (%)			