



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TÉSIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL
CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE NEGRO RECOCIDO
N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm CON
REFERENCIA A UN CONCRETO PATRÓN, SOMETIDA A VARIACIÓN DE
TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C”**

Presentado por

-Bach. CACHI MOLINA, Christian

-Bach. ESPINOZA RIOS, Ernye

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

-MGT. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ

2019-I



Dedicatoria

La presente tesis es dedicada a mi familia principalmente a mis padres Anibal Cachi Ramos y Natali Molina Ferro, quienes me brindaron la vida y me han enseñado a vivir con valores, principios, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad y por todo el apoyo incondicional que me mostraron a lo largo de mi formación profesional.

A mi hermano Dick Cachi Molina, por el apoyo brindado para la realización de esta tesis.

A mi amiga Deledda Quispe Serrano, por el apoyo brindado para la realización de esta tesis.

A mis compañeros y amigos de estudio con los cuales hemos compartido las aulas universitarias.

A mis maestros que influyeron con sus lecciones y experiencias como personas de bien y prepararme para los retos que pone la vida en nuestra vida profesional.

A todos y cada uno de ellos que dieron un granito de arena en el desarrollo de la presente investigación.

Con cariño.

CHRISTIAN CACHI MOLINA



Dedicatoria

A Dios, por permitirme haber llegado hasta este momento tan impórtate de mi formación profesional. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres, Percy y Milka pilares fundamentales, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora y sobre todo me dieron lo que soy como persona, mis valores, principios los cuales me ayudaron a salir adelante y convertirme en un profesional.

ERNYE ESPINOZA RIOS



Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios que me acompaña en todo momento de mi vida.

A mis padres, Anibal y Natali, quienes son guía y motivo de superación en lo largo de mi vida ya que son ellos los que me inculcaron los buenos valores que rigen mi vida.

Al Ing. Víctor Chacón, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de este trabajo de investigación.

Gracias a todas las personas y amigos que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto de investigación.

CHRISTIAN CACHI MOLINA



Agradecimientos

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino, darme fuerzas y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, Percy y Milka, quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

Al Ing. Víctor Chacón, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de este trabajo de investigación.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

ERNYE ESPINOZA RIOS



Resumen

En base a los resultados obtenidos en la tesis de grado planteado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C”, en la que se analizó el comportamiento del concreto adicionado con alambre recocido n° 8, después de ser sometidas a temperaturas controladas de 800°C, 900°C y 1000°C. La metodología del diseño que se empleó fue experimental donde se emplearon probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm, y para la preparación del concreto se usó Cemento portland tipo IP, con el fin de que el concreto alcance la resistencia objetivo de 210 kg/cm² y que garantice una excelente trabajabilidad. En relación a los agregados se utilizó de dos canteras, para los gruesos de la cantera de Vicho y los finos de la cantera de Cunyac y en ambos casos se determinó sus propiedades mediante los estudios y ensayos correspondientes para luego elaborar el diseño de la mezcla de concreto. Con respecto al material de refuerzo se utilizó alambre negro recocido N°8 en forma vertical. Las probetas elaboradas se clasificaron en dos tipos: las no expuestas a altas temperaturas y las segundas tras haber sido expuestas a altas temperaturas en intervalo creciente de 30 minutos con temperaturas controladas de 800°C, 900°C y 1000°C, los mismos que atravesaron un proceso de enfriamiento al ambiente de 24 horas previo al ensayo de compresión y ensayo a la tracción del alambre recocido n°8 respectivamente a una edad de 28 días, los resultados obtenidos muestran que a mayor tiempo de exposición a altas temperaturas la resistencia del concreto disminuye constantemente, lo mismo sucede con el alambre recocido n°8 que al ser ensayado a tracción este también disminuye. Por ello, entre las conclusiones obtenidas se sostiene que el concreto al estar expuesto al incremento de temperatura se produce una gran disminución y pérdida en sus propiedades lo que sucede lo mismo con el alambre recocido n°8, esto ocasionaría en una estructura real quede prácticamente al borde del colapso o insegura sísmicamente.

Palabras Claves: Alambre negro recocido N°8, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, exposición a altas temperaturas, recubrimiento, probetas.



Abstract

Based on the results obtained in the proposed thesis “COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE CONCRETE $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, REINFORCED WITH RECOGNIZED BLACK WIRE N ° 8 IN VERTICAL FORM WITH A COATING OF 5 cm, SUBJECTED TO TEMPERATURE VARIATION AT 800 ° C, 900 ° C and 1000 ° C”, in which the behavior of concrete added with annealed wire No. 8 was analyzed, after being subjected to controlled temperatures of 800 ° C, 900 ° C and 1000 ° C. The design methodology that was used was experimental where cylindrical specimens of 10 cm x 20 cm were used, and for the preparation of concrete, Portland cement type IP was used, so that the concrete reaches the target resistance of 210 kg / cm² and that guarantees excellent workability. In relation to the aggregates, two quarries were used, for the thicknesses of the Vicho quarry and the fines of the Cunyac quarry and in both cases their properties were determined by means of the corresponding studies and tests to then elaborate the design of the mixture of concrete. With respect to the reinforcement material, annealed black wire No. 8 was used vertically. The prepared specimens were classified into two types: those not exposed to high temperatures and the second after having been exposed to high temperatures in an increasing interval of 30 minutes with controlled temperatures of 800 ° C, 900 ° C and 1000 ° C, the same as underwent a 24-hour cooling process prior to the compression test and tensile test of annealed wire No. 8 respectively at an age of 28 days, the results obtained show that the higher the resistance time of high temperatures concrete decreases constantly, the same happens with annealed wire n ° 8 which, when tested for tensile stress, also decreases. Therefore, among the conclusions obtained, it is argued that the concrete when exposed to the increase in temperature produces a great decrease and loss in its properties, which is the same with the annealed wire n ° 8, this would cause in a real structure to remain practically on the verge of collapse or seismically insecure.

Keywords: Annealed black wire No. 8, compressive strength, tensile strength, high temperature exposure, coating, specimens.



Introducción

En El Perú, como en el departamento del Cusco en la actualidad existe poca información sobre el tema planteado “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, ADICIONANDO ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN EN ALTAS TEMPERATURAS”. Cabe resaltar que en la actualidad nuestra sociedad a crecido en el ámbito de infraestructura urbana, con construcciones de concreto armado las cuales son el principal motivo de esta investigación.

Este estudio nos permitirá tener una mayor información sobre el deterioro de las estructuras de concreto armado luego de haber estado expuestas a altas temperaturas (incendios) por un determinado tiempo, este estudio nos facilitará y nos ahorrará tiempo al determinar la perdida de resistencia a la compresión del concreto después de un incremento de su temperatura ambiente sin necesidad de realizar pruebas en laboratorio o ensayos destructivos.

El desarrollo de la tecnología nos permite realizar estudios que nos puedan ayudar a simular condiciones reales de un incendio en un ambiente controlado, para eso se elaboraron briquetas de concreto que fueron llevados a un horno artesanal para ladrillos que alcanza temperaturas superiores a 1000°C .

En la actualidad muchas edificaciones son destinadas al uso de almacenes que contienen mucho material inflamable y estos sin una planificación adecuada siendo un peligro latente para la sociedad. Es por eso que el proyecto se enfoca en el desarrollo de una escala que nos pueda indicar el porcentaje de deterioro que sufrió la estructura usando valores simples como son el tiempo de exposición y temperatura máxima alcanzada y así poder dar una opinión técnica inmediata después de haber controlado el siniestro.

La presente investigación estudia los valores de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y la evaluación del recubrimiento que contará el alambre negro recocido N°8 adicionado en nuestra muestra de concreto para su posterior evaluación de resistencia a la tracción la cual serán sometidas a temperaturas promedio de 800°C , 900°C y 1000°C , por un tiempo determinado que va de 30 minutos a dos horas en periodos de media hora.



Contenido

Dedicatoria	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	vii
Índice de tablas.....	xiv
Índice de figuras	xx
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1 Identificación del problema	1
1.1.1 Descripción del problema	1
1.1.2 Formulación del problema	2
1.1.2.1 Formulación del problema general	2
1.1.2.2 Formulación de los problemas específicos.	2
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	2
1.2.1 Justificación técnica	2
1.2.2 Justificación social	3
1.2.3 Justificación por viabilidad	3
1.2.4 Justificación por relevancia.....	3
1.3 Limitaciones de la investigación.....	3
1.3.1 Limitación del Objeto de Estudio	3
1.3.2 Limitaciones Geográficas	4
1.3.3 Limitaciones de Concreto	4
1.3.3.1 Concreto	4
1.3.3.2 Ensayo de Compresión y Tracción.....	4
1.4 Objetivo de la investigación.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
Capítulo II: Marco teórico.....	6
2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual.....	6



2.1.1	Antecedentes a nivel nacional.....	6
2.1.2	Antecedentes a nivel internacional	9
2.2	Aspectos teóricos pertinentes.....	10
2.2.1	El concreto	10
2.2.2	Importancia del concreto.....	10
2.2.3	Propiedades del concreto	11
2.2.4	Características del concreto	12
2.2.5	Naturaleza del concreto.....	12
2.2.6	Componentes del concreto	13
2.2.7	Curado del concreto	14
2.2.8	Fuego.....	14
2.2.10	Concepto del Incendio	15
2.2.11	Calor.....	15
2.2.12	Incidencia del fuego sobre las muestras.....	15
2.2.13	Exposición de las muestras al fuego	16
2.2.14	Propiedades de Resistencia del Concreto frente al fuego	16
2.2.15	Comportamiento del concreto	17
2.2.16	Tipos de Coloración	17
2.2.17	Temperatura en los incendios	18
2.2.18	Estructura interna del concreto	18
2.2.19	Propiedades del concreto fresco.....	19
2.2.19.1	Trabajabilidad.....	19
2.2.19.1	Consistencia	21
2.2.19.2	Segregación.....	22
2.2.19.3	Asentamiento y exudación	23
2.2.19.4	Contracción	23
2.2.20	Propiedades concreto endurecido.....	24
2.2.21	El cemento.....	25
2.2.22	Cemento portland	26
2.2.23	Clinker portland	27
2.2.24	Cemento portland normal.....	27
2.2.25	El cemento puzolánico	28
2.2.26	Puzolanas	28
2.2.27	Tipos de cementos portland puzolánicos	29



2.2.28	El agua.....	30
2.2.28.1	El agua en el concreto	30
2.2.28.2	El agua en la mezcla.....	30
2.2.28.3	El agua en el curado	31
2.2.29	Los agregados	31
2.2.29.1	Definición.....	31
2.2.29.2	Clasificación de los agregados para concreto	32
2.2.29.3	Características físicas	33
2.2.30	Características de los agregados	38
2.2.31	Características resistentes	45
2.2.32	Diseño de mezclas.....	46
2.2.32.1	Introducción	46
2.2.32.2	Notación	46
2.2.32.3	Definición.....	46
2.2.32.4	Información requerida para el diseño de mezclas	47
2.2.32.5	Pasos para el proporcionamiento	47
2.2.33	Resistencia a la compresión	60
2.2.33.1	Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto en briquetas	61
2.2.33.2	Objeto.....	62
2.2.33.3	Resumen del método	62
2.2.33.4	Aparatos y muestras	62
2.2.33.5	Mediciones	63
2.2.33.6	Ensayo.....	63
2.2.33.7	Expresión de resultados	64
2.2.34	El acero	64
2.2.35	Varillas corrugadas y alambres	65
2.2.36	Características del alambre negro recocido N°8	65
2.2.36.1	Usos.....	65
2.2.36.2	Norma Técnica	65
2.2.37	Propiedades mecánicas del acero	66
2.2.37.1	Relación esfuerzo-deformación del acero	66
2.2.37.2	Coeficiente de dilatación térmica.....	67
2.2.37.3	Maleabilidad.....	67



2.2.38	Oxidación del acero	67
2.2.39	Fatiga del acero	67
2.2.40	Recubrimiento y espaciado mínimo del refuerzo	68
2.2.41	Recubrimiento mínimo de acero	68
2.2.42	Ensayo de tracción del acero.....	69
2.2.43	Acero de refuerzo expuesto al fuego.....	71
2.3	Hipótesis.....	72
2.3.1	Hipótesis general.....	72
2.3.2	Sub Hipótesis	72
2.4	Definición de variables.....	73
2.4.1.	Variables independientes	73
2.4.2.	Variables dependientes	73
2.4.3.	Cuadro de operacionalización de variables.....	74
Capítulo III: Metodología.....		75
3.1	Metodología de la investigación	75
3.1.1	Tipo de investigación	75
3.1.2	Nivel de investigación.....	75
3.1.3	Método de investigación	75
3.1.	Diseño de la investigación	76
3.2.1.	Diseño metodológico	76
3.2.2.	Diseño de ingeniería.....	77
3.2	Población y muestra	78
3.2.1	Población.....	78
3.2.1.1	Descripción de la población	78
3.2.1.2	Cuantificación de la población.....	78
3.2.2	Muestra.....	78
3.2.2.1	Descripción de la muestra	78
3.2.2.2	Cuantificación de la muestra	79
3.2.2.3	Método de muestreo.....	79
3.2.2.4	Criterios de evaluación de muestra	80
3.2.3	Criterios de inclusión	80
3.3	Instrumentos.....	81
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	81



3.4.1.1 Guía de recolección de datos..... 81

3.4.2 Instrumentos de ingeniería 90

3.5 Procedimientos de recolección de datos 91

3.5.1 Análisis granulométrico de agregado fino 91

3.5.2 Análisis granulométrico de agregado grueso 93

3.5.3 Contenido de humedad de agregado fino..... 97

3.5.4 Contenido de humedad de agregado grueso 98

3.5.5 Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino 100

3.5.6 Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso 103

3.5.7 Ensayo de peso unitario suelto y compactado 105

3.5.8 Ensayo de resistencia a la compresión 108

3.6 Procedimientos de análisis de datos 143

3.6.1 Análisis granulométrico de agregados finos 143

3.6.1.1 Análisis granulométrico de agregados finos de la cantera de Cunyac. 143

3.6.1.2 Análisis granulométrico de agregados finos de la cantera de Vicho..... 145

3.6.1.3 Análisis granulométrico de agregados finos combinado..... 146

3.6.2 Análisis granulométrico de agregados grueso..... 147

3.6.3 Análisis de porcentaje de humedad de agregados finos. 148

3.6.4 Análisis de porcentaje de humedad de agregado grueso 149

3.6.5 Análisis del peso específico y % de absorción del agregado fino..... 150

3.6.6 Análisis del peso específico y % de absorción del agregado grueso. 151

3.6.7 Análisis del peso unitario suelto y compacto del agregado grueso..... 152

3.6.8 Características físicas y mecánicas de los componentes del concreto. 153

3.6.9 Paso del Diseño de mezcla ACI 211 – $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 153

3.6.10 Análisis del revenimiento del concreto 160

3.6.11 Análisis de la resistencia a la compresión del concreto 162

3.6.12 Análisis de resultado a tracción del alambre negro recocido n°8 170

3.6.13 Análisis de confiabilidad 178

Capítulo IV: Resultados 180

4.1 Resultados obtenidos de revenimiento del concreto 180

4.2 Resultados de resistencia a la compresión del concreto..... 180

4.3 Resultados de resistencia a la tracción del alambre recocido n°8..... 183

4.4 Resultados de las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ 186



Capítulo V: Discusión	189
Glosario	191
Conclusiones	196
Recomendaciones	199
Referencias bibliográficas	200
Referencias bibliográficas de internet	202
Matriz de Consistencia	203
Panel Fotográfico	206
Anexos ficha de laboratorio	213



Índice de tablas

Tabla 1 Color y Daño del Concreto Estructural	18
Tabla 2 Clase de mezclas según su asentamiento	21
Tabla 3 “Tamices estándar ASTM”	35
Tabla 4 “Límites granulométricos del agregado grueso”	36
Tabla 5 “Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso”	37
Tabla 6 “Límites Granulométricos del Agregado Fino”	37
Tabla 7 “Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino”	38
Tabla 8 Coeficientes de variación y grados de control	49
Tabla 9 Factor de corrección para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos	50
Tabla 10 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	51
Tabla 11 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	52
Tabla 12 Asentamiento.....	52
Tabla 13 Revenimiento	52
Tabla 14 Estimación del agua de mezclado	54
Tabla 15 Contenido de agua de mezcla.....	54
Tabla 16 Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto	55
Tabla 17 Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.....	56
Tabla 18 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.	57
Tabla 19 Características resistentes de los aceros grado 40,60 y 75	65
Tabla 20 Diámetros del pin para la prueba de maleabilidad del acero	67
Tabla 21 Recubrimiento concreto vaciado en obra.....	68
Tabla 22 Recubrimiento concreto en elementos pretensados	68
Tabla 23 Recubrimiento concreto en elementos prefabricados	69
Tabla 24 Cuadro de operacionalización de variables.....	74
Tabla 25 Cuantificación de la muestra	79
Tabla 26 Análisis granulométrico de agregado fino	81
Tabla 27 Análisis granulométrico de agregado grueso	82
Tabla 28 Ensayo de gravedad específica y absorción de los agregados finos	83



Tabla 29 Ensayo de gravedad específica y absorción de los agregados gruesos 84

Tabla 30 Peso unitario agregado fino 84

Tabla 31 Peso unitario agregado grueso 85

Tabla 32 Contenido de humedad natural del agregado grueso 85

Tabla 33 Contenido de humedad natural del agregado fino 86

Tabla 34 Determinación del slump 87

Tabla 35 Resistencia a la compresión axial 88

Tabla 36 Resistencia a la tracción de alambre negro recocido n° 8. 89

Tabla 37 Toma de datos análisis granulométrico de agregado fino 93

Tabla 38 Toma de datos análisis granulométrico de agregado grueso 96

Tabla 39 Toma de datos contenido de humedad de agregado fino 98

Tabla 40 Toma de datos contenido de humedad de agregado grueso 100

Tabla 41 Toma de datos peso específico y absorción de agregado fino 103

Tabla 42 Toma de datos peso específico y absorción de agregado grueso 105

Tabla 43 Toma de datos peso unitario de agregado grueso 107

Tabla 44 Toma de datos de briquetas serie “A” 111

Tabla 45 Toma de datos de briquetas serie “B” 112

Tabla 46 Toma de datos de briquetas serie “C” 113

Tabla 47 Toma de datos de briquetas serie “D” 114

Tabla 48 Toma de datos de briquetas serie “E” 115

Tabla 49 Toma de datos de briquetas serie “F” 116

Tabla 50 Toma de datos de briquetas serie “G” 117

Tabla 51 Toma de datos de briquetas serie “H” 118

Tabla 52 Toma de datos de briquetas serie “I” 119

Tabla 53 Toma de datos de briquetas serie “J” 120

Tabla 54 Toma de datos de briquetas serie “K” 121

Tabla 55 Toma de datos de briquetas serie “L” 122

Tabla 56 Toma de datos de briquetas serie “M” 123

Tabla 57 Toma de datos de briquetas serie “N” 124

Tabla 58 Toma de datos de briquetas serie “O” 125

Tabla 59 Toma de datos de briquetas serie “P” 126

Tabla 60 Toma de datos de briquetas serie “A” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 127

Tabla 61 Toma de datos de briquetas serie “B” después de ser sometido a altas temperaturas



..... 128

Tabla 62 Toma de datos de briquetas serie “C” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 129

Tabla 63 Toma de datos de briquetas serie “D” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 130

Tabla 64 Toma de datos de briquetas serie “E” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 131

Tabla 65 Toma de datos de briquetas serie “F” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 132

Tabla 66 Toma de datos de briquetas serie “G” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 133

Tabla 67 Toma de datos de briquetas serie “H” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 134

Tabla 68 Toma de datos de briquetas serie “I” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 135

Tabla 69 Toma de datos de briquetas serie “J” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 136

Tabla 70 Toma de datos de briquetas serie “K” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 137

Tabla 71 Toma de datos de briquetas serie “L” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 138

Tabla 72 Toma de datos de briquetas serie “M” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 139

Tabla 73 Toma de datos de briquetas serie “N” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 140

Tabla 74 Toma de datos de briquetas serie “O” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 141

Tabla 75 Toma de datos de briquetas serie “P” después de ser sometido a altas temperaturas
..... 142

Tabla 76 Granulometría 143

Tabla 77 Granulometría de agregado fino de la cantera Cunyac. 144

Tabla 78 Granulometría de agregado fino de la cantera Vicho..... 145

Tabla 79 Granulometría de agregado fino mezcla de canteras dando porcentajes. 146

Tabla 80 Granulometría de agregado grueso. 147



Tabla 81 Calculo de humedad del agregado fino..... 148

Tabla 82 Calculo de humedad del agregado grueso..... 149

Tabla 83 Calculo de gravedad específica y absorción de los agregados finos..... 150

Tabla 84 Calculo de gravedad específica y absorción de los agregados grueso..... 151

Tabla 85 Calculo de peso unitario de agregado grueso..... 152

Tabla 86 Características de agregados a usar en el diseño de mezcla..... 153

Tabla 87 Resistencia a la compresión promedio “f’ cr” 154

Tabla 88 Asentamiento por tipo de estructura 154

Tabla 89 Volumen unitario del agua 155

Tabla 90 Relación agua/cemento 155

Tabla 91 Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto 156

Tabla 92 Cuadro de volúmenes de los agregados para elaboración de concreto. 157

Tabla 93 Cuadro de peso de componentes del agregado según su peso específico hallado en laboratorio. 158

Tabla 94 Cuadro de diseño de mezcla para 1 m3 de concreto según su peso y volumen. 159

Tabla 95 Cuadro de diseño de mezcla para 0.303 m3 de concreto según su peso y volumen. 159

Tabla 96 Calculo de slump según series 160

Tabla 97 Tipo de concreto según su Slump. 160

Tabla 98 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie A 162

Tabla 99 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie B..... 162

Tabla 100 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie C..... 163

Tabla 101 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie D 163

Tabla 102103 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie E..... 164

Tabla 104 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie F 164

Tabla 105 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie G 165

Tabla 106 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de



ser sometido a altas temperaturas serie H 165

Tabla 107 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie I..... 166

Tabla 108 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie J..... 166

Tabla 109 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie K 167

Tabla 110 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie L..... 167

Tabla 111 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie M..... 168

Tabla 112 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie N 168

Tabla 113 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie O 169

Tabla 114 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie P 169

Tabla 115 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series A 170

Tabla 116 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series B 170

Tabla 117 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series C 171

Tabla 118 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series D 171

Tabla 119 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series E 172

Tabla 120 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie F 172

Tabla 121 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie G..... 173

Tabla 122 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie H..... 173

Tabla 123 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego



de ser sometido a altas temperaturas serie I 174

Tabla 124 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie J 174

Tabla 125 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie K..... 175

Tabla 126 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie L 175

Tabla 127 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie M 176

Tabla 128 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie N..... 176

Tabla 129 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie O..... 177

Tabla 130 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie P 177

Tabla 131 Cálculo de alfa de Cronbach para el ensayo de resistencia a la compresión 179

Tabla 132 Resultado de Slump promedio 180

Tabla 133 Resultados de resistencia a la compresión de briquetas luego de ser sometidas a altas temperaturas 181

Tabla 134 Resultado a la compresión de las muestras de briquetas $f'c=210\text{kg/cm}^2$, luego de ser sometidas a altas temperaturas. 182

Tabla 135 Porcentaje de disminución de la resistencia a la compresión de las testigos con respecto a la muestra patrón. 183

Tabla 136 Resultado a la tracción del alambre recocido N°8 183

Tabla 137 Resultados a la tracción de alambre recocido N°8 según el tiempo de exposición y la temperatura..... 184

Tabla 138 Porcentaje de variación a tracción de alambre recocido N°8..... 185

Tabla 139 Resultado de variación del peso de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas 186

Tabla 140 Resultado de variación del volumen de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas 187

Tabla 141 Resultado de variación de la densidad de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas 188

Tabla 142 Matriz de consistencia..... 203



Índice de figuras

Figura 1 Estructura de concreto armado dañada por el fuego..... 1

Figura 2 Proporciones típicas de los componentes del concreto..... 14

Figura 3 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido..... 19

Figura 4 Juego de Tamices ASTM..... 35

Figura 5 Estados de saturación del agregado 39

Figura 6 Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno 40

Figura 7 Ensayo a la Compresión 61

Figura 8 Curva esfuerzo-deformación y módulo de elasticidad del acero 66

Figura 9 Idealización de la curva esfuerzo- deformación del acero asumido por el código del ACI..... 66

Figura 10 Esquema de una máquina para ensayos de tracción 70

Figura 11 Carga vs alargamiento 70

Figura 12 Determinación del alargamiento 71

Figura 13 Estribo cortado por efectos de altas temperaturas 71

Figura 14 Diseño de ingeniería 77

Figura 15 Ensayo del cuarteo de agregado fino 91

Figura 16 Ensayo de granulometría de agregado fino (juego de tamices colocados de mayor a menor orden) 92

Figura 17 Ensayo de granulometría de agregado fino (material retenido en tamices)..... 93

Figura 18 Ensayo de cuarteo de agregado grueso 94

Figura 19 Ensayo de granulometría de agregado grueso (tamizado)..... 95

Figura 20 Ensayo de granulometría de agregado grueso (material retenido en los tamices)... 96

Figura 21 Ensayo de humedad en estado natural 97

Figura 22 Ensayo de humedad (método de cuarteo)..... 99

Figura 23 Ensayo de humedad (recipientes secando en el horno) 99

Figura 24 Ensayo de peso específico y absorción (ensayo de cono de absorción) 101

Figura 25 Ensayo de peso específico y absorción (agregado de agua, luego de haber echado 500 g, de agregado fino a la fiola)..... 102

Figura 26 Ensayo de peso específico y absorción (absorción de vacíos)..... 102

Figura 27 Ensayo de peso específico y absorción (saturación del agregado grueso) 104

Figura 28 Ensayo de peso específico y absorción (secado superficial de agregado grueso) . 104



Figura 29 Ensayo de peso unitario suelto (pesado de briquetera)..... 106

Figura 30 Ensayo de peso unitario suelto (peso de briquetera con material)..... 106

Figura 31 Ensayo de peso unitario compactado (25 golpes con varilla para compactar el agregado)..... 107

Figura 32 Ensayo de resistencia a la compresión (transporte de briquetas al lugar de ensayo) 108

Figura 33 Ensayo de resistencia a la compresión (toma de medidas de probeta cilíndrica) .. 109

Figura 34 Ensayo de resistencia a la compresión (cabezal metálico con capa de neopreno en el interior)..... 109

Figura 35 Falla de briqueta de concreto durante el ensayo de resistencia a la compresión ... 110

Figura 36 Tablero de resultados después de realizar el ensayo de compresión 110

Figura 37 Criterio de alfa de Cronbach para ver fiabilidad de datos 178

Figura 38 Resultado de resistencia a la compresión de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón..... 181

Figura 39 Resultado de resistencia a la compresión de briquetas luego de ser sometidas a variación de temperaturas..... 182

Figura 40 Resultado a tracción del alambre recocido n°8 luego de ser sometido a variación de temperaturas 184

Figura 41 Resultado de resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 según el tiempo de exposición y la temperatura..... 185

Figura 42 Resultado de variación del peso de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón..... 186

Figura 43 Resultado del incremento del volumen de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón..... 187

Figura 44 Resultado de variación de la densidad de briquetas luego de ser sometida a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón..... 188

Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema

Desde mediados del siglo XVI la aparición del concreto en la región del Cusco se viene incrementando debido a sus propiedades constructivas es por eso que el índice de crecimiento en el uso de este material es realmente alto, por el cual surge una necesidad de realizar estudios que nos ayuden a prevenir y mejorar las condiciones ante posibles riesgos de deterioro que sufra este material ya sean por el tiempo o por sucesos fortuitos como es un incendio.

La región del cusco no es ajena a estos acontecimientos ya que hay numerosos los casos de incendios en estructuras de concreto armado dentro de la ciudad, a pesar que las ventajas del concreto como material estructural es su naturaleza incombustible, cuando se presentan daños después de un incendio o de otro tipo de exposición térmica, permite que se pueda reparar y colocar nuevamente en servicio siempre y cuando los niveles de temperatura no hayan sido lo suficientemente altos para deteriorar sus propiedades físico mecánicas de dicho material.

La evaluación del problema requiere estudios experimentales y sobre todo cierto grado de especialización (ingeniería estructural), en el que se deben considerar fundamentalmente los siguientes aspectos: alteraciones producidas en las propiedades físico mecánicas del concreto como del alambre recocido N° 8, efecto de las deformaciones consideradas como consecuencias de las dilataciones parcial o totalmente restringidas. Y dado la situación, y de que el fuego es una agente perjudicial en diversos aspectos para el concreto lo que se busca en la presente investigación es estudiar los valores de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² y la evaluación de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido N°8 adicionado en nuestra muestra de concreto, la cual serán sometidas a temperaturas desde 800°C, 900°C y 1000°C, por un tiempo determinado que va de 30 minutos a dos horas en periodos de media hora.

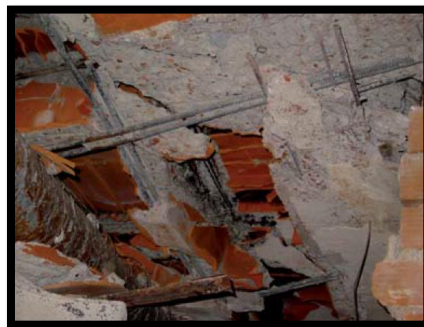


Figura 1 Estructura de concreto armado dañada por el fuego
Fuente: Seguridad frente al fuego en estructuras de hormigón (Luis Vega Catalán)



1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Formulación del problema general

¿Cuál es el análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm², reforzado con alambre negro recocido n° 8 en forma vertical luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C?

1.1.2.2 Formulación de los problemas específicos.

Problema específico N°1:

¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, con referencia a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C?

Problema específico N°2:

¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido N°8 con un recubrimiento de 5 cm, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C?

Problema específico N°3:

¿Cuál es el análisis comparativo del peso del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón?

Problema específico N°4:

¿Cuál es el análisis del comparativo del volumen de concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón?

Problema específico N°5:

¿Cuál es el análisis del comparativo de la densidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

Desde el punto la presente investigación titulada “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210$ kg/cm², REFORZADO CON ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm,



SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURAS A 800°C, 900°C Y 1000°C”. Nos proporcionara información importante sobre los daños que sufren los materiales como son el concreto y la varilla de alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas. La presente investigación pertenece a la especialidad de edificaciones; en el área de construcciones.

1.2.2 Justificación social

El presente trabajo de investigación, permite el aporte de conocimientos a estudiantes de pre grado de la Universidad Andina del Cusco de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Ingenieros Civiles, profesionales de INDECI y toda aquella persona que desee verificar que porcentaje de deterioro sufrió una edificación al estar expuesto a un incendio.

1.2.3 Justificación por viabilidad

La presente investigación es viable ya que la Universidad Andina del Cusco cuenta con un laboratorio de tecnología del concreto que nos facilitara el uso de los instrumentos como herramientas y equipos que serán necesarios para nuestra finalidad y teniendo en cuenta que económicamente es factible ya que los gastos serán mínimos en la adquisición de materiales como agregado, cemento y varilla de alambre negro recocido n° 8 que fácilmente se encuentran en el mercado a un costo accesible.

1.2.4 Justificación por relevancia

El presente trabajo de investigación adquiere relevancia por tratarse de un aporte técnico en cuanto a la innovación de un método de verificación de daños causados a un concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, luego de ser expuesto a un incremento de temperatura como lo es un incendio.

1.3 Limitaciones de la investigación

1.3.1 Limitación del Objeto de Estudio

- La investigación se limita a analizar las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c= 210$ kg/cm², reforzado con alambre n°8 en forma vertical con un recubrimiento de 5cm, sometida a variación de temperaturas de 800°C, 900°C Y 1000°C. Así como el desarrollo de la resistencia a la compresión a la edad de 28 días, como también la resistencia a la tracción del acero luego de ser sometidas a variación de temperaturas.
- La presente investigación se limita al uso de horno artesanal para ladrillo.
- La medición de la temperatura del horno artesanal para ladrillos se limita a un Termómetro infrarrojo PCE-890U.



1.3.2 Limitaciones Geográficas

Esta investigación fue realizada bajo las siguientes limitaciones de ubicación:

- Cantera del agregado grueso: Vicho
- Cantera del agregado fino: Cunyac y Vicho
- Equipos de Ensayo: Universidad Andina del Cusco

1.3.3 Limitaciones de Concreto

1.3.3.1 Concreto

- Se limitó al uso del Cemento Portland tipo IP para la elaboración del concreto.
- Se limitó al uso de alambre negro recocido n°8 que reforzara en forma vertical con un recubrimiento de 5cm al concreto.
- Se limitó a elaborar concreto con relación agua/cemento: 0.547 según la NTP 334.051
- Se limitó al uso de agua potable de la red pública de la ciudad del Cusco.
- Se limitó al diseño de mezcla por el método del ACI 211.
- La presente investigación se limita al tipo de estructura (columnas) con un slump máximo de 4" y mínimo de 2".
- Para las pruebas que se realizaran se tomarán muestras de briquetas de concreto $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionada con alambre negro recocido n°8 y expuestas a temperaturas de 800°C, 900°C y 1000°C.

1.3.3.2 Ensayo de Compresión y Tracción

- Se limitó a evaluar la resistencia a compresión mediante el ensayo de compresión directa, según la norma (NTP 334.051)
- Se limitó a usar moldes del espécimen de 10 cm x 20 cm de dimensión.
- Se limitó a la resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para todas las briquetas en tiempos de 30 min, 60 min, 90 min y 180min.
- Se limitó a la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8. Para todas las muestras en tiempos de 30 min, 60 min, 90 min y 180min.



1.4 Objetivo de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm², reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C

1.4.2 Objetivos específicos

- **Objetivo específico n° 01**

Analizar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzando con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C

- **Objetivo específico n° 02**

Analizar la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 con un recubrimiento de 5 cm con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C

- **Objetivo específico n° 03**

Analizar el peso del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón

- **Objetivo específico n° 04**

Analizar el volumen del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón

- **Objetivo específico n° 05**

Analizar la densidad concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón



Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

Título: “EVALUACIÓN DEL CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² A ALTAS TEMPERATURAS.”

Tesis: Pregrado

Autor: Deyner Orlando Chauca Rodríguez

Marco Antonio Cruz Córdova

Institución: Universidad Nacional del Santa

Lugar: Chimbote – Perú

Año: 2014

Resumen

Se plantean el objetivo de Determinar y evaluar la forma en la alteración de las fuerzas a la compresión de dicho concreto después de que las muestras fueran sometidas a temperaturas variables de entre 400, 600 y 800 °C; esto permitió a los tesisistas comprobar que la falla del concreto que se debe gracias a los hechos del siniestro se relaciona primordialmente con la acción contraria entre el concreto, por ello tiene tendencia a estrecharse, y cuya acción se debe a la pérdida de humedad; esto también permite observar y comprobar luego de que las muestras fueran expuestas al fuego, el incrementar de los espesores en las probetas de concreto, y del adherido el cual de convenio a su estructura mineralógica se agranda con el aumento de los fuegos, entonces, tanto el aumento de la temperatura, la exposición prolongada de las muestras de concreto como el aumento de los diámetros en dichas muestras, ocasionan en el concreto, agrietamiento y descascaramiento, produciendo de esta manera que el concreto se desprenda de manera explosiva; en cuanto a la combinación que se forma por los agregados, el agua y el cemento determinaron que es inalcanzable contener el despiste de humedecimiento por la presentación al siniestro ya sea que este sea controlado o no, como cuando se trata de un incendio, sin embargo notaron que el tipo de agregado podría ser de mucha ayuda debido a que este asimismo tiene dominio directa sobre las fuerzas del fuego hacia las estructuras cuando se exponen a elevadas temperatura y por ende, es necesario que estos sean debidamente controlados y/o seleccionados antes de ser usados para elaborar una mezcla de concreto; así mismo, debido a los resultados que obtuvieron en sus estudios hechos en laboratorio, también concluyeron que el concreto de más resistencia, al ser sometidos a eminente calorificación debido a la acción de la llama, tienen menor resistencia a esta acción, y su deterioro inicia más temprano y con temperaturas que oscilan entre 500 °C a 550 °C, esto básicamente se debe a la



relación de la cantidad de cemento y los agregados, en dicha relación se puede vislumbrar que a mayor contenido de cemento en el elemento estructural dicho elemento estructural basara su resistencia a la calidad y resistencia en las características y propiedades mecánicas que le propone los adheridos, razón por el cual el concreto que tienen mínimo fuerza proponen una resistencia alta frente al combustión. Por otro lado, también observaron que para temperaturas superiores a los 500 °C el deterioro de las muestras es acelerado.

Título: “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS POR INCIDENCIA DEL FUEGO DIRECTO.”

Tesis: Pregrado

Autor: Mark Huincho Salvatierra

Institución: Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar: Lima – Perú

Año: 2017

Resumen

Se propuso como objetivo definir la consecuencia del fuego directo en las propiedades mecánicas del hormigón convencional haciendo estudio sobre tres relaciones sobre agua – cemento (a/c) y de tres cantidades de temperatura alcanzada durante sus ensayos. Luego de realizar toda su investigación, concluyo que las fuerzas a la compresión, tracción y el módulo elástico del concreto, incrementa su pérdida si es que el concreto es quemado durante una mayor cantidad de tiempo y adicionalmente si la temperatura aumenta; así mismo, en cuanto a la influencia del tamaño de la muestra verifico que la perdida de la resistencia a la compresión era menor en las muestras de menor tamaño para una relación de a/c de 0.60, mientras que para una relación de a/c de 0.65 la menor perdida de resistencia a la compresión se mantuvo en el lado de las muestras de menor tamaño, mismo caso que ocurrió para el caso de la relación de a/c de 0.70; mientras que en sus análisis de pérdida de masa verifico que las muestras con la menor dimensión perdieron menor masa en relación a las muestras que tenían la dimensión mayor.

Conclusiones

- Las temperaturas promedio alcanzadas referida a la zona expuesta al fuego directo (P02) para el presente estudio fueron mayores para los diferentes tiempos de exposición, respecto a las temperaturas promedio alcanzadas referidos a la zona no expuesta al fuego directo (P01).



- En la resistencia a la compresión, el concreto de relación $a/c=0.60$ tiene el mejor comportamiento ante la incidencia del fuego directo con respecto a las otras relaciones a/c estudiadas, ya que para los distintos tiempos de exposición y diferentes temperaturas alcanzadas presenta los menores porcentajes de pérdidas, para los diferentes tiempos de exposición. El concreto de relación $a/c=0.65$ presenta un mejor comportamiento inicial con respecto al concreto de relación $a/c=0.70$ en la resistencia a la compresión, es decir presenta un menor porcentaje de pérdida de resistencia en la 1° hora de exposición, luego se invierte este comportamiento resultando la relación $a/c=0.70$ la menos afectada por la incidencia del fuego directo para la 2° y 3° hora de exposición.
- El porcentaje de pérdida en la resistencia a la compresión en probetas de 4"x 8" fue mayor al de las probetas de 6"x 12", para las tres relaciones a/c estudiadas. La resistencia a la compresión en probetas de 4"x 8" fue en promedio mayor al de las probetas de 6"x 12", para las diferentes relaciones a/c estudiadas, hasta de un 18% más para la relación $a/c= 0.70$.
- En la resistencia a la tracción el concreto de relación $a/c=0.65$ tiene un mejor comportamiento en la fase inicial que el concreto de relación $a/c=0.60$, es decir presenta un menor porcentaje de pérdida de resistencia en la 1° hora de exposición, luego se invierte este comportamiento resultando la relación $a/c=0.60$ con el mejor comportamiento ante la incidencia del fuego directo para la 2° y 3° hora de exposición. El concreto de relación $a/c=0.70$ tiene el peor comportamiento ante la incidencia del fuego directo en la resistencia a la tracción, ya que para los distintos tiempos de exposición y diferentes temperaturas alcanzadas presenta los mayores porcentajes de pérdidas.



2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

Título: “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL EXPUESTO AL FUEGO”

Tesis: Pregrado

Autor: Giovanni Josué Alvarado Aguirre

Institución: Universidad Técnica de Ambato

Lugar: Ambato - Ecuador

Año: 2016

Resumen

Se propuso estudiar el comportamiento del concreto estructural, determinando que la resistencia a la flexión de cada uno de sus elementos de estudio disminuyó en función de la temperatura y tiempo de exposición alcanzados en cada intervalo de 30 minutos, presentando cada uno de ellos características particulares, mismas que se repetían de forma progresiva con mayores efectos; además identifiqué que los diferentes niveles de afectación de cada una de las probetas expuestas al fuego, el peso del elemento fue una de las propiedades físicas que mayor variación presentó, puesto que al exponerse a temperaturas mayores a 1000 °C el peso disminuyó en 21% ocasionando resquebrajamiento del material, fisuras y agrietamientos; también determiné que la gráfica carga – deformación que sus especímenes en el transcurso de sus ensayos presentaron alteraciones en el comportamiento del material, ocasionadas por el aumento de la fuerza interior del concreto sobre el agua en los agujeros mientras el recalentamiento de los elementos, en las deformaciones obtenidas por elementos expuestos al fuego durante 3 horas disminuyeron en un 80 % produciendo en el material fallas de tipo explosiva; además como el análisis concreto estructural, verifiqué que el acero de refuerzo expuesta directamente al fuego con temperaturas mayores a 1000 °C presentó alteraciones en sus propiedades mecánicas y físicas son: descascaramiento, cambios sobre coloración y endurecimiento superficial del refuerzo longitudinal y transversal; finalmente concluí que el concreto actúa como aislante térmico protegiendo el acero de una exposición directa al evento de fuego directo, sin embargo ante exposiciones prolongadas de tiempo a temperaturas mayores a los 950 °C su comportamiento presenta alteraciones y modificaciones en su estructura interna y externa.

Conclusiones

De los ensayos realizados se determinó que la resistencia a flexión de cada uno de los elementos disminuye en función a la temperatura y tiempo de exposición alcanzados en cada intervalo de 30 minutos, presentando cada uno de ellos características particulares las mismas que se repetían de forma progresiva con mayores efectos.



2.2 Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1 El concreto

El concreto es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua.

Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este.

(Rivva López, 2000)

El concreto es una mezcla, adecuadamente dosificada, de cemento, agua y agregados finos y gruesos. Adicionalmente también puede tener en su composición aditivos, adiciones y fibra. En casos muy especiales se puede incorporar intencionalmente aire para incrementar su durabilidad en bajas temperaturas.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua. Es un material temporalmente plástico que puede colocarse o moldearse y, más tarde, se convierte en una masa sólida por reacción química. El usuario del concreto desea la resistencia adecuada, facilidad de colocación y durabilidad, al mínimo costo. El proyectista de concreto puede variar las proporciones de los cinco componentes dentro de los límites amplios, para lograr esos objetivos. Las variantes principales son la relación agua – cemento, la proporción cemento – agregado, tipo de cemento y productos incluidos en la mezcla.

(S. Merritt, 1982)

2.2.2 Importancia del concreto

El concreto es el material de construcción de mayor uso. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del



ingeniero, el concreto es, en general desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales.

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello obliga al estudio y actualización permanentes para obtener del concreto las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al Ingeniero.

(Rivva López, 2000)

El concreto hecho con cemento portland tiene un uso extenso como material de construcción debido a sus muchas características favorables. Una de las más importantes es una alta relación resistencia – costo en muchas aplicaciones. Otra es que el concreto mientras este plástico, puede colocarse con facilidad dentro de formas o cimbras a temperaturas normales para producir casi cualquier forma. La cara expuesta puede trabajarse a una superficie dura, lisa o áspera, capaz de soportar el efecto del desgaste por el tráfico de camiones o aviones o puede tratarse para crear los efectos arquitectónicos deseados. Además, el concreto tiene una alta resistencia al fuego y a la penetración del agua.

(S. Merritt, 1982)

Las operaciones en la producción del concreto variarán de acuerdo con el género de obra que lo requiere y con el tipo de concreto que se produzcan.

Las etapas principales para la producción de un buen concreto son:

- Dosificación
- Mezclado
- Transporte
- Colocación
- Consolidación
- Curado

(Abanto Castillo, 2009)

2.2.3 Propiedades del concreto

Las características del concreto de cemento portland pueden variarse en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté



débil en otras. Por ejemplo, el concreto para una estructura de un edificio debe poseer alta resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable y hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña.

(S. Merritt, 1982)

Para cada caso particular de empleo se requieren en el concreto determinadas propiedades. Es por ello que el conocimiento de todas y cada una de las propiedades del concreto, así como de la interrelación entre ellas, es de importancia para el ingeniero el cual debe decidir, para cada caso particular de empleo del concreto, la mayor o menor importancia de cada una de ellas. Al analizar las propiedades del concreto, el ingeniero debe recordar las limitaciones de las mismas en función de las múltiples variables que pueden actuar sobre el concreto modificándolo. En este análisis es importante que el ingeniero recuerde que el concreto, como cualquier otro material, puede sufrir adicionalmente modificaciones en el tiempo y que puede claudicar por fallas atribuibles a problemas de durabilidad, aun cuando su resistencia haya sido la adecuada.

En el análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que ellas están íntimamente asociadas con las características y proporciones relativas de los materiales integrantes; que la calidad, cantidad y densidad de la pasta es determinante en las propiedades del concreto; y que la relación agua-cemento lo es sobre las características de la pasta.

(Rivva López, 2000)

2.2.4 Características del concreto

Entre las características que hacen del concreto un material de construcción universal, tenemos:

- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto.- Teoría y Problemas, 2009)

2.2.5 Naturaleza del concreto

Como ya se indicó, el concreto convencional es una mezcla de los componentes esenciales (cemento, agua y agregados finos y gruesos) a los cuales puede incorporarse aditivos, adiciones



y fibra. Al mezclar estos componentes se introduce de manera simultánea un nuevo participante el “aire atrapado” el cual está presente así el concreto haya sido compactado.

(Rivva López, 2000)

En el concreto recién mezclado todos los sólidos granulares están separados temporalmente por delgadas capas de agua. Esta separación de las partículas y el efecto lubricante de las capas de agua junto con las fuerzas actuantes entre ellas, hacen que la mezcla sea manejable.

El comportamiento mecánico del concreto y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento.
- La calidad de los agregados en el sentido más amplio (dureza, granulometría, perfil, textura superficial, módulo de finura, limpieza, etc.)
- La afinidad de la pasta con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

Tiene un uso extenso como material de construcción debido a sus muchas características favorables. Una de la más importante es la resistencia – costo en muchas aplicaciones. Otra es que el concreto, mientras este plástico, puede colocarse con facilidad dentro de formas o cimbras a temperaturas normales para producir cualquier forma.

(S. Merritt, 1982)

2.2.6 Componentes del concreto

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Analizando la siguiente figura en que se esquematizan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto, concluiremos en que el cemento es el ingrediente activo que interviene en menor cantidad, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento, por lo que es obvio que necesitamos profundizar en este aspecto que está muy ligado a las reacciones químicas que se suceden al entrar en contacto con el agua y los aditivos.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

AIRE = 1% a 3%
CEMENTO = 7 % a 15%
AGUA = 15% a 22%
AGREGADOS = 60% a 75%

Figura 2 Proporciones típicas de los componentes del concreto
Fuente: Tópicos de tecnología del concreto

2.2.7 Curado del concreto

El curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia fuera del concreto. Busca, también evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por esta. (Harmsen, 2002)

2.2.8 Fuego

La definición tal vez más sencilla sobre lo que es el fuego es la que a continuación se menciona, “el siniestro es determinada como una reacción química autoalimentada, es producida por las sustancias sólidas, líquida o gaseosa., y que una vez que comienza se puede decir que se ha consumido en algunos de sus se mantiene hasta la consumición de alguno de sus substratos intervinientes” (Ravignani, 2005). Se dice también que el fuego posee propiedades benéfico destructoras ya que este ilumina y da calor, pero también puede quemar a los elementos a los que se le somete a su efecto (Mora, 2010), entretanto se puede decir que el Diccionario de la Real sociedad Española determino el fuego se determinó, “del Latín Focus, es el fenómeno caracterizado por la emisión de calor y de luz, generalmente con llama”.

El fuego, a altas temperaturas es capaz de provocar en el concreto importantes transformaciones físicas y químicas que dependen de la escala determinada, del periodo de planteamiento y del prototipo de refrigeración que atraviesan los elementos de concreto al ser expuestos al fuego (Pavez, 2011), así mismo, el fuego daña por lo general a todos los materiales empleados en la construcción (Vega y Burón, 2007). Con lo antes dicho, cabe mencionar que un elemento de



concreto sea simple o estructural sufre daños en su estructura al ser sometido a los efectos del fuego, el cual afecta tanto las propiedades físicas como las propiedades mecánicas de dichos elementos.

2.2.9 Fases del Fuego

- PERIODO UNO. Conforme incrementa el calor del comburente se puede empezar a desatar las porciones oculto a las vistas de las personas.
- PERIODO DOS. La densidad de las moléculas que se sueltan del elemento que forman hollín o niebla que ya son evidentes.
- PERIODO TRES. En apariencia de la enorme ventilación para que se inhabitable todos los gases se alteran en siniestros, con avalancha de fuego y gran incremento de nieblas.
- PERIODO CUATRO. Los gases y emanaciones se desprenden, en precisas distribuciones, suelen inducir estallidos, parecidos a los vigorosos y fluido combustión pulverizados, vigente en el entorno.

2.2.10 Concepto del Incendio

Se determina por siniestro a la incineración no manipulada que puede ser de uno o diversos elementos. La incineración se determina por la oxidación de los componentes, en una resistencia conocida como exotérmica (desasir fuego) y de naturaleza invariable (los materiales afectados por esta oxidación que puede persistir alteraciones en total, que este combinado sus propiedades físicas químicos, sin posibilidades de recuperarlas (Virgili, 2007).

2.2.11 Calor

Es cuando llega al calor idóneo que dé al componente la energía de aceleración, que se puede alcanzar con un chispazo, otra incineración u calor inmenso. Al principio del fuego, este componente debe ser proporcionada de forma superficial, cuando inicia el fuego en combustión, la misma resistencia lo distribuye, al pactarse de resistencias exotérmicas (Virgili, 2007).

2.2.12 Incidencia del fuego sobre las muestras

A. Incidencia directa

En este estudio de investigación, se llama incidencia directa del fuego al fenómeno en el que el fuego afecta a todo el volumen de las probetas de investigación.

B. Incidencia indirecta

Por otro lado, se llamará incidencia indirecta al fenómeno en el que el fuego no afecta todo el volumen de las probetas elaboradas con la finalidad de ser ensayadas. Ambos conceptos, ya sea



la incidencia directa o la incidencia indirecta del fuego se podrán entender mejor cuando se hable de la exposición de las muestras al efecto del fuego.

2.2.13 Exposición de las muestras al fuego

A. Exposición total

La exposición total de las muestras será el fenómeno en el que estas son sometidas al efecto del fuego por todas sus caras para luego ser sometidas a ensayos con la finalidad de evaluar su comportamiento mecánico, dicha exposición total también se puede entender como una incidencia directa del fuego ya que todas las caras de las probetas sufren el mismo efecto o por lo menos los hacen a la misma temperatura (Cruz, 2015).

B. Exposición parcial

Por su parte la exposición parcial de las probetas de concreto al efecto del fuego es el evento en el que las muestras a ensayar se dejan de exponer a dicho efecto en por lo menos una de sus caras, dicho evento también se podría entender como una incidencia indirecta ya que la cara o la parte no expuesta de las probetas aun recibe el efecto del fuego, pero en comparación a las demás caras esta sufrirá menor daño (Cruz, 2015).

2.2.14 Propiedades de Resistencia del Concreto frente al fuego

En general, el concreto tiene buenas propiedades de resistencia al fuego; es decir, el periodo de tiempo bajo fuego durante el cual el concreto mantiene un comportamiento satisfactorio, es relativamente alto y no hay emisión de humos tóxicos. Los criterios importantes de su comportamiento son:

- La capacidad de sostener carga.
- La resistencia a la penetración de la llama.
- La resistencia a la transmisión de calor.

Cuando el concreto que protege el refuerzo de un elemento estructural queda expuesto a la acción del fuego, este introduce altos gradientes de temperatura y, en consecuencia, las capas superficiales calientes tienden a separarse y descascararse desde la parte interior de la masa, que está más fría. Esto es altamente influido por el grado de humedad. Si el concreto está en equilibrio higrométrico con el aire no hay descascamiento.

(Sánchez De Guzmán, 2001)



2.2.15 Comportamiento del concreto

El concreto a altas temperaturas es alterable, en cuanto a los agregados, sufren deformaciones y el cemento hidratado se disgrega perdiendo su cualidad ligante. Por otra parte los agregados sufren varias reacciones, principalmente los agregados calcáreos sufren una fuerte retracción y por encima de los 900°C se descomponen liberando óxidos de calcio, magnesio y anhídrido carbónico, así como también los feldespatos granitos y silicios. (NEVILLE, 1997)

En un estudio realizado por Uddin T. y Culver C. G., listaron propiedades del concreto que tenían particular influencia en el desempeño a altas temperaturas del concreto, siendo estas las siguientes: tipo de agregado, humedad del concreto, esfuerzos existentes en el concreto, recubrimiento del concreto, módulo de elasticidad, Conductividad térmica, difusividad, calor específico, etc. (UDDIN, 1975)

La pérdida de masa en el concreto está directamente influenciada por la forma de transmisión del calor, que depende del tipo de horno usado y del procedimiento de quemado seguido. También se ve influenciada por la forma (cilíndrica, cubica, etc.) y volumen de las muestras así como también de la curva tiempo –temperatura seguida en el proceso de quemado (seguir la curva ISO 834 o quemar libremente en un horno). Las pérdidas en las propiedades mecánicas del concreto también se verían influenciado por los 3 aspectos antes mencionados.

(CRUZ HERNANDEZ, 2015)

Un factor que tiene una influencia importante en el efecto de la alta temperatura en las propiedades mecánicas del hormigón es la velocidad de enfriamiento. La utilización de agua en un incendio, por ejemplo, es similar a la extinción, causando una gran reducción de resistencia como resultado de intensos gradientes de temperatura creados en el hormigón.

si la temperatura del concreto no es superior a 500°C, puede estar sujeta a rehidratación posterior, lo que puede ayudar a recuperar hasta un 90% de su resistencia inicial después de un año.

(CANOVAS, 1988)

2.2.16 Tipos de Coloración

El concreto estructural presenta cambios mecánicos y físicos a partir de temperaturas mayores a 300°C, ocasionado por la descarbonatación, porosidad y microfisuramiento interno del material. En función de la temperatura y coloración del concreto se puede determinar de manera más específica el tipo de daño alcanzado por el flagelo.

Tabla 1 Color y Daño del Concreto Estructural

RANGO TEMPERATURA (°C)	COLORACIÓN SUPERFICIAL	DAÑO
0 – 300	Gris natural	Calcinación incipiente: Microfisuras y mapeo superficial
300 – 600	Rosado	Calcinación superficial: Fisuración térmica por alabeo y descarbonatación superficial
600 – 900	Gris claro	Calcinación avanzada: Descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento
> 900	Blanco o amarillo claro	Calcinación muy avanzada: Descarbonatación avanzada y pérdida de masa

Fuente: Detección tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial, Universidad de Costa Rica, 2006.

2.2.17 Temperatura en los incendios

Para apreciar la temperatura máxima de un incendio es necesario considerar no solo los materiales que la componen la estructura sino también los de recubrimiento, acabado, el amueblamiento y elementos depositados. Cabe señalar que una estructura con materiales incombustibles no está ajena al peligro de un incendio.

En general se puede establecer que la temperatura máxima alcanzada con combustibles sólidos nunca es superior a los 800 °C o 1000°C. Con la madera se puede llegar hasta los 1200°C, con combustibles líquidos se puede llegar hasta los 1500°C.

2.2.18 Estructura interna del concreto

En la Figura 3, se puede apreciar el esquema típico de la estructura interna del concreto endurecido, que consiste en el aglomerante estructura básica o matriz, constituida por la pasta de cemento y agua, que aglutina a los agregados gruesos, finos, aire y vacíos, estableciendo un comportamiento resistente debido en gran parte a la capacidad de la pasta para adherirse a los agregados y soportar esfuerzos de tracción y compresión, así como a un efecto puramente mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1993)

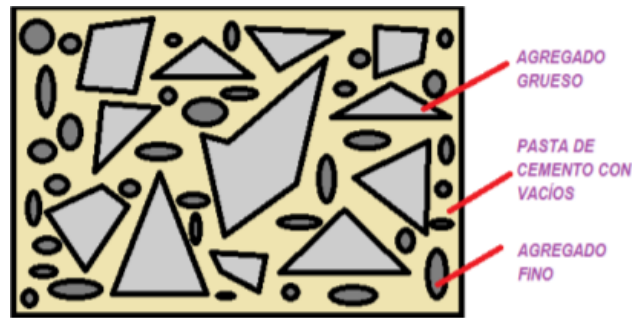


Figura 3 Esquema típico de la estructura del concreto endurecido
Fuente: Tópicos de tecnología del concreto

2.2.19 Propiedades del concreto fresco

2.2.19.1 Trabajabilidad

La trabajabilidad es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. Aunque la trabajabilidad resulta muy difícil de evaluar, en esencia, es la facilidad con la cual puede mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poco perdido de la homogeneidad. Una característica de la trabajabilidad que los ingenieros tratan a menudo de medir es la consistencia o fluidez. Para este fin se hacen prueba de revenimiento.

(S. Merritt, 1982)

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el Slump o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo, debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump, pero la trabajabilidad notablemente diferentes en las mismas condiciones de trabajo.

(Laura, 2006)

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto.- Teoría y Problemas, 2009)



- Estabilidad

El cambio de volumen es otra característica del concreto que se debe tener en cuenta. La expansión debida a las reacciones químicas entre los ingredientes del concreto puede ocasionar pandeo y la contracción al secarse puede ocasionar grietas. La expansión debida a la reacción álcali – agregados que no sean reactivos. Si se debe usar agregados reactivos, la expansión puede reducirse o eliminarse añadiendo a la mezcla materiales puzolánicos, como la ceniza ligera.

(S. Merritt, 1982)

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerza extrañas. Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos estándar que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos. Es interesante notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.

(Pasquel Carbajal, Topicos de Tecnologia del Concreto, 1993)

- Compactibilidad

Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco.

Existen varios métodos que establecen el denominado “Factor de Compactación”, que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado.

(Pasquel Carbajal, Topicos de Tecnologia del Concreto, 1993)

- Movilidad

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación del trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte.

La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

(Pasquel Carbajal, Topicos de Tecnologia del Concreto, 1993)

2.2.19.1 Consistencia

Está definida como el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. El ensayo de consistencia llamado también revenimiento o “Slump test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego del desmoldado. El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” ósea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 2000)

Tabla 2 Clase de mezclas según su asentamiento

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACION
Seca	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto Castillo, 2000)

El revenimiento de una mezcla puede aumentarse añadiendo agua o incrementando el porcentaje de finos (cemento o agregado), incluyendo aire o incorporando un aditivo que reduzca los requerimientos de agua. No obstante estos cambios afectan las propiedades del concreto, a veces en forma adversa. Por lo general, el revenimiento especificado debe dar la consistencia deseada con la mínima cantidad de agua y cemento.

(Laura, 2006)

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.

(Rivva López, Concreto: Diseño de Mezclas, 2014)

Para condiciones de trabajo dadas, la evolución de la pérdida de consistencia también puede resultar influida por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, tales como la consistencia o fluidez inicial de este, la humedad de los agregados, el empleo de determinados aditivos (plastificantes o súper plastificantes) y las características y contenido unitario del cemento. La



eventual contribución de estos factores intrínsecos, en el sentido de incrementar la pérdida normal de la consistencia del concreto es como se indica a continuación:

Las mezclas de consistencia más fluida tienden a asentarse con mayor rapidez, debido a la evaporación en exceso de agua que contienen.

El empleo de agregados porosos en condición seca tiende a reducir pronto la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad para absorber agua de la mezcla.

El uso de algunos aditivos reductores de agua y súper plastificantes acelera la reducción de la consistencia, como consecuencia de su reacción con algunos cementos. En relación con este factor es conveniente verificar oportunamente la compatibilidad entre el cemento y el aditivo cuyo uso se ha previsto.

(Rivva Lopez, 2010)

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el Slump o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo, debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump, pero trabajabilidades notablemente diferentes en las mismas condiciones de trabajo.

(S. Merritt, 1982)

2.2.19.2 Segregación

La segregación es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es mismo, la separación del agregado grueso del mortero. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. 28 Generalmente procesos de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuando más húmeda es esta y menor cuando más seca lo es.

(Abanto Castillo, 2000)

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta de los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos, lo cual sumado a la viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las



partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación.

(Pasquel Carbajal, 1993)

La segregación es definida como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

2.2.19.3 Asentamiento y exudación

Cuando el concreto queda en reposo, después de colocado y compactado dentro del encofrado, 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 exudación, y cuando se producen en exceso se consideran indeseables porque provocan estratificación en la masa del concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y menos durable por su mayor concentración de agua.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000)

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla n° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudieran tener.

(Pasquel Carbajal, 1993)

2.2.19.4 Contracción

La contracción al secar puede reducirse, casi siempre, disminuyendo agua en la mezcla. Ahora bien, con menor cantidad de cemento o con un curado cuidadoso en húmedo, también se reduce la contracción. Por el contrario, la adición de puzolanas, salvo que permita una reducción de agua, aumenta la contracción al secar.

(S. Merritt, 1982)

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. Es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor



parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

(Pasquel Carbajal, 1993)

2.2.20 Propiedades concreto endurecido

- Elasticidad

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo – deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Modulo de Elasticidad a la reacción del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

(Rivva López, Tecnología del Concreto, 1992)

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

(Pasquel Carbajal, 1993)

- Resistencia

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso.

(Pasquel Carbajal, 1993)

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por lo tanto, se define como el concreto durable a aquel que pueda resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido.

(Abanto Castillo , 2000)

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someterán a pruebas de compresión. El concreto debe ser capaz de



resistir a la 32 intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por la intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse ciclos de congelación y descongelación.

(Rivva López, 2014)

- Extensibilidad

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del flujo plástico, constituido por las deformaciones que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperables, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

(Pasquel Carbajal, 1993)

- Durabilidad

El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie.

(Abanto Castillo, 2000)

- Impermeabilidad

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por un tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

(Abanto Castillo, 2000)

2.2.21 El cemento

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de



endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

(Rivva López, 2000)

El concreto del cemento portland es el material de construcción más importante en que se emplea un aglomerante. El conocimiento de los factores que influyen en los componentes del concreto, o sea, el cemento portland y los agregados son esenciales en la producción del concreto y su comportamiento.

(S. Merritt, 1982)

En el sentido más amplio, la palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas.

Esta definición, no solo abarca los cementos propiamente dichos, sino una gran variedad de materiales de cementación tales como las cales, los asfaltos y los alquitranes.

En el medio de la construcción, y más específicamente en el de la fabricación de concreto para estructuras, es reconocido que al mencionar cemento portland, o cemento a base de portland, el cual tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, ya que con ella experimenta una reacción química. Este proceso se llama hidratación, por lo cual son también llamados cementos hidráulicos.

(Sánchez De Guzmán, 2001)

2.2.22 Cemento portland

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

(Frederik, 1988)

El concreto del cemento portland es el material de construcción más importante en que se emplea un aglomerante. El conocimiento de los factores que influyen en los componentes del concreto, o sea, el cemento portland y los agregados son esenciales en la producción del concreto y su comportamiento.

(S. Merritt, 1982)



2.2.23 Clinker portland

El Clinker es fabricado mediante un proceso que comienza por combinar una fuente de cal, tal como las calizas, una fuente de sílice y alúmina, como las arcillas, y una fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro. Una mezcla adecuadamente dosificada de los materiales crudos es finamente molida y luego calentada a una temperatura suficientemente alta, alrededor de los 1500 C, a fin que se produzcan las reacciones entre los componentes del cemento. El producto obtenido del horno es conocido como Clinker de cemento portland. Después de enfriado, el Clinker es molido con una adición de cerca del 6% de sulfato de calcio (yeso) para formar el cemento portland.

(Rivva López, 2000)

Los elementos portland se elaboran con la incorporación de una mezcla de materiales calcáreos (piedra caliza) y arcillosos. La materia prima se dosifica con todo cuidado para tener las cantidades correctas de cal, sílice, oxido de aluminio y óxido de hierro. Después de triturarlos para facilitar la calcinación, la materia prima se pasa a un largo horno giratorio, que se mantiene a una temperatura alrededor de 2700°F. La materia prima, durante su calcinación, sufre una reacción química y forma nodos duros, del tamaño de una nuez, de un nuevo material llamado Clinker.

(S. Merritt, 1982)

2.2.24 Cemento portland normal

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1 % en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker.

(Rivva López, 2000)

El Clinker, después de descargarlo del horno y enfriarlo, se tritura para formar un polvo fino (no menos de 1600 cm² por gramo de superficie específica). Durante este proceso de trituración, se agrega un retardador (por lo general un pequeño porcentaje de yeso) para controlar la velocidad de fraguado en el momento en que se hidrate el cemento. El polvo fino resultante es el cemento portland.

(S. Merritt, 1982)



Material Pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como el en aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2015)

(S. Merritt, 1982)

2.2.25 El cemento puzolánico

Este cemento es el que se obtiene mediante la pulverización conjunta de Clinker portland y puzolana, o de una mezcla íntima y uniforme de cemento portland y puzolana finalmente pulverizada con adición de sulfato de calcio. El contenido de puzolana debe estar comprendido entre el 15% y el 50% en masa de la masa total.

(Sánchez De Guzmán, 2001)

Los cementos portland puzolánicos incluyen cuatro tipos (IP, IP-A, P y P-A), el segundo y el cuarto contienen un aditivo incorporador de aire. Estos cementos se emplean principalmente cuando se desean bajas temperaturas de hidratación, casos de estructuras hidráulicas grandes como presas y pilares de puentes.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

Es aquel al cual se le ha añadido puzolana. Las puzolanas son materiales inertes silíceos y/o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas y al reaccionar químicamente con hidróxidos de Calcio y agua adquieren propiedades cementantes. Las puzolanas se obtienen por lo general de arcillas calcinadas, tierras diatomáceas, tufos y cenizas volcánicas, y de residuos industriales como cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc.

La introducción de los cementos puzolánicos y puzolánicos modificados en nuestro medio, ha traído beneficios desde el punto de vista que tienen ventajas referidas a durabilidad, además de ser ventajosos para el fabricante pues al reemplazar al cemento por puzolana abarata sus costos.

(Pasquel Carbajal, 1993)

2.2.26 Puzolanas

Las puzolanas naturales se incorporan al cemento principalmente debido a su capacidad de reaccionar en presencia del hidróxido de calcio y el agua, permitiendo un incremento en edades posteriores, disminución del contenido de cemento, modificación del color, incremento en la durabilidad en presencia de sulfatos o cloruros, e inhibición de la reacción álcali-agregados.



Las desventajas incluyen una menor resistencia inicial, un tiempo de curado más largo, incremento en los requerimientos de agua, y problemas derivados del manejo de un material adicional.

(Rivva López, 2000)

Las puzolanas son definidas por la recomendación ACI 116R como “Un material silicio o silicio y aluminio, el cual en sí mismo posee pequeño o ningún valor cementante pero que cuando esta finamente dividido y en la presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura normal para formar compuestos que poseen propiedades cementantes”.

Las puzolanas naturales son definidas como “Materiales naturales ya sean crudos o calcinados que tienen propiedades puzolánicas e incluyen las cenizas volcánicas, la piedra pómez, el horsteno opalino y los esquistos, tufas, y algunas tierras diatomeas.

Las puzolanas naturales generalmente incrementan la cohesividad de la mezcla al producir una pasta más plástica que permite que el concreto consolide fácilmente y fluya libremente bajo vibración. El incremento en la cohesividad también ayuda a reducir la segregación.

Los cementos y las puzolanas contribuyen a la resistencia no solamente debido a la composición química sino también a sus características en término de acomodo de partículas.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014).

2.2.27 Tipos de cementos portland puzolánicos

En el Perú se fabrican los tipos IP, APM, IS e ISM. La justificación de la fabricación de los «cementos adicionados» es la necesidad, por una parte, de diluir la presencia del Clinker en el conglomerante, cuyos productos hidrolizados pueden ser atacados según las circunstancias por agentes agresivos diversos, y producir la destrucción del concreto.

Por otra parte, la conveniencia de reducir, con esta dilución, el calor desarrollado en la hidrólisis, que actúa desfavorablemente en la puesta en obra de grandes masas de concreto, elevando su temperatura como consecuencia del bajo grado de conductividad térmica del concreto (entre 0,002 y 0,004 cal/cm/°C) En el enfriamiento se producen contracciones importantes que pueden dar lugar a la formación de fisuras.

(Rivva López, 2000)

- El cemento Tipo IP es un cemento al cual se ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y el 40% del peso total.



- El cemento Tipo IPM es un cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje menor del 15% del peso total
- El cemento Tipo IS es un cemento al cual se le ha añadido entre 25% y 75% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- El cemento Tipo ISM es un cemento al cual se ha añadido menos del 25% de escoria de altos hornos referida al peso total.

(Rivva López, 2000)

2.2.28 El agua

2.2.28.1 El agua en el concreto

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar el concreto.

(Philip, 1990)

2.2.28.2 El agua en la mezcla

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla del concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Los efectos más perniciosos que puedan esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)



2.2.28.3 El agua en el curado

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

2.2.29 Los agregados

2.2.29.1 Definición

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total, luego la calidad de estos tiene una importancia primordial en el producto final.

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductividad, durabilidad, etc.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente, así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total de las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto esté unido por la pasta de cemento.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

Es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto.- Teoría y Problemas, 2009)



Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementante, elementos de comportamientos bien diferenciados:

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.037.

(Ministerio de Vivienda y Construcción, 2006)

2.2.29.2 Clasificación de los agregados para concreto

- Por su origen

-Agregados naturales

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto.

(Rivva Lopez, 2010)

-Agregados artificiales

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

Algunos agregados de este tipo, los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce, etc. El potencial de uso de estos materiales es muy amplio.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

- Por su densidad

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de los sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con $G_e=2.5$ a 2.75 , ligeros con $G_e<2.5$ y pesados con $G_e>2.75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

- Por su gradación

La gradación es la distribución volumétrica de las partículas en el concreto. Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en



función de las partículas mayores y menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4). Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

-Agregados finos

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla de 3/8" y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

(Rivva Lopez, 2010)

El agregado fino estará compuesto de partículas limpia, de un perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

-Agregados grueso

Se define como el agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma 400.037 o ASTM C 33.

(Rivva Lopez, 2010)

El agregado grueso por lo general, se escoge hasta el tamaño máximo que resulte práctico para un trabajo; siendo el límite superior normal de 6 pulgadas. Cuanto mayor sea el tamaño máximo del agregado grueso, menos agua y cemento se requerirán para producir concreto de una calidad dada.

(S. Merritt, 1982)

2.2.29.3 Características físicas

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.



Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos de las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1993)

-Granulometría

La medición del volumen de los tamaños de diferentes tamaños de partículas sería muy difícil su realización, es por ello que se realiza la medición de estas de forma indirecta, el cual es tamizándolas por medio de una serie de mallas de aberturas conocidas y pesando los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1993)

A esto es lo que se denomina análisis granulométrico o granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración del concreto.

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3'' y el siguiente tiene abertura igual a la mitad de la anterior. A partir de la malla 3/8'' se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1993)



Figura 4 Juego de Tamices ASTM

Fuente: Propia

El significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto tanto fresco como endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos de diseño de mezclas.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1993)

Tabla 3 “Tamices estándar ASTM”

DENOMINACIÓN DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILÍMETROS
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000
3/8"	0.3750	9.5000
Nro. 4	0.1870	4.7500
Nro. 8	0.0937	2.3600
Nro. 16	0.0469	1.1800
Nro. 30	0.0234	0.5900
Nro. 50	0.0117	0.2950
Nro. 100	0.0059	0.1475
Nro. 200	0.0023	0.0737

Fuente: Enrique Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto

Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

En cuanto a granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de las normas y que den curvas granulométricas suaves.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 2000)

- Granulometría de los agregados gruesos

Se define como el agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma 400.037 o ASTM C 33.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000)

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

El agregado grueso por lo general, se escoge hasta el tamaño máximo que resulte practico para un trabajo; siendo el límite superior normal de 6 pulgadas. Cuanto mayor sea el tamaño máximo del agregado grueso, menos agua y cemento se requerirán para producir concreto de una calidad dada.

(S. Merritt, 1982)

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

Tabla 4 “Límites granulométricos del agregado grueso”

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37.5mm (1 1/2")	25mm (1")	19mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N°4)	2.36mm (N°8)	1.18mm (N°16)
90 mm a 37.5 mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2 1/2" a 1 1/2")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a N°4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1 1/2" a 3/4")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2" a N°4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a 1/2")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a N°4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (3/4" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (3/4" a N°4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5 mm a 4.75 mm (1/2" a N°4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5 mm a 2.36mm (3/8" a N°8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, para el cálculo se usa el mismo criterio que de la arena, o sea se suman los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de la serie estándar y se divide la suma por 100.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 2000)

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

Tabla 5 “Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso”

Arcilla	0,25%
Partículas deleznable	5,00%
Material más fino que la malla N° 200	1,00%
Carbón y lignito:	
a) Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia	0,50%
b) Otros concretos	1,00%

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla

- Granulometría de los agregados finos

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla de 3/8” y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000)

El agregado fino estará compuesto de partículas limpia, de un perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

Tabla 6 “Límites Granulométricos del Agregado Fino”

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	05 - 30
N° 100	0 - 10

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla

El porcentaje indicado en las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 225 kg/cm³, o en concretos sin aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor 55 de 300 Kg/m³ o si se emplea un aditivo mineral para suplir la deficiencia en el porcentaje que pasa estas mallas.

(Rivva López, Concreto: Diseño de Mezclas, 2014)

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

Tabla 7 “Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino”

Lentes de arcilla y partículas desmenuzables	3%
Material más fino que la Malla N° 200	
a) Concreto sujetos a abrasión	3%
b) Otros concretos	5%
Carbón	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0,5%
b) Otros concretos	1%

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de mezcla

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación. En este sentido, el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir toda su masa.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 2000)

2.2.30 Características de los agregados

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas. Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos a las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas:

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

- Condiciones de saturación

En la Figura n° 05, se han esquematizado las condiciones de saturación de una partícula ideal de agregado, partiendo de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial, pudiéndose

asimilar visualmente los conceptos de saturación en sus diferentes etapas, que servirán a lo largo de la investigación.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)



Figura 5 Estados de saturación del agregado

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto

Los agregados en obra pueden encontrarse en cuanto a humedad se refiere en cuatro condiciones: 1° Totalmente secos, 2° Semi secos (algo de humedad pero menos que la necesaria para saturarse), 3° Saturados pero superficialmente secos (condición ideal en que los agregados ni añaden ni quitan agua a la mezcla), 4° húmedos o mojados (conteniendo entre sus partículas más agua que la necesaria para saturarse).

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial, condición ideal que pocas veces se da en la práctica.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto.- Teoría y Problemas, 2009)

- Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

La (American Society for Testing Materials, 2009); en sus normas ASTM C-127 y ASTM C-128, establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. En la Figura N° 07, se muestra gráficamente la distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno, estableciéndose las expresiones para la determinación en laboratorio y cálculo del peso específico. Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m³.

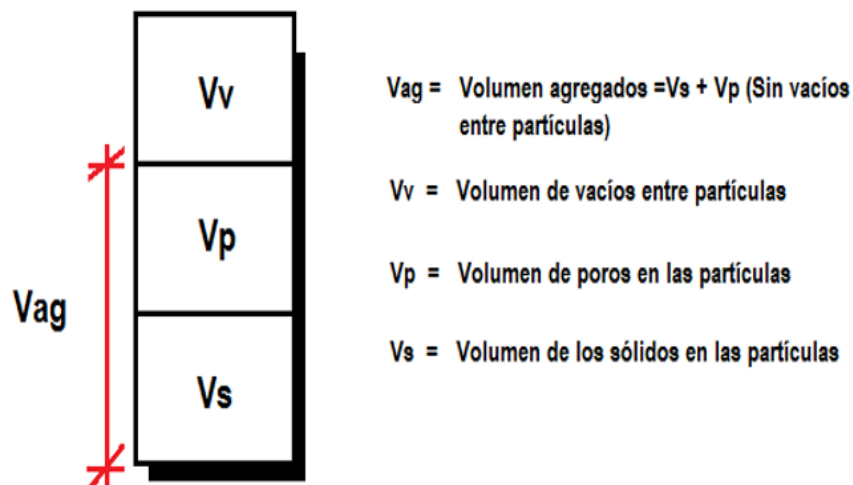


Figura 6 Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno
Fuente: Tópicos de tecnología del concreto

-Peso específico de masa seca

(BULK SPECIFIC GRAVITY)

$$G_b = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{A + V_p * D_a - A + V_s * D_a} = \frac{A}{(V_p + V_s) * D_a} = \frac{A}{V_{ag} * D_a}$$

-Peso específico saturado superficialmente seco

(S.S.S. SPECIFIC GRAVITY)

$$G_{sss} = \frac{B}{B - C} = \frac{B}{V_{ag} * D_a}$$

-Peso específico aparente

(APPARENT SPECIFIC GRAVITY)

$$G_a = \frac{A}{A - C} = \frac{A}{A - (A - V_s * D_a)} = \frac{A}{V_s * D_a}$$

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto



- **Peso unitario**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

La (American Society for Testing Materials, 1987), en su norma ASTM C-29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en el molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8” en tres capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezcla para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas. Algunas personas aplican el mismo ensayo pero sin compactar el agregado para determinar el peso unitario suelto, sin embargo este valor tampoco es necesariamente el de material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones de diseños en peso a volumen.

La mejor recomendación para reducir el error aludido, es hacer por lo menos cinco determinaciones de peso unitario suelto en porciones de muestras de agregados que representen varios niveles de las pilas de almacenaje para reflejar las probables variaciones por segregación.

El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 kg/m³.

- **Porcentaje de vacíos**

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

La (American Society for Testing Materials, 1987), en su norma ASTM C-29, indicada anteriormente establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso unitario estándar.

$$\% \text{ de Vacíos} = 100 * \left[\frac{(S * W) - M}{S * W} \right]$$

S = Peso específico de masa



W = Densidad del agua

M = Peso unitario compactado seco

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

- Absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados, pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancias pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

La (American Society for Testing Materials, 2009), en su norma ASTM C-127 y ASTM C-128, ya mencionadas anteriormente, establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso S.S.S} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}}$$

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

- Porosidad

Es el volumen de espacios dentro las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas.

No hay un método estándar en ASTM para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación, por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo indicado, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15%, aunque por lo general el rango común es de 1 al 5% en agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15% al 50%.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

- Humedad

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas para que se cumplan las hipótesis asumidas.

(Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología del Concreto, 1993)

La (American Society for Testing Materials, 1984), en su norma ASTM C-566, la humedad se expresa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad} = \left[\frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \right] * 100$$

- Módulo de fineza

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representaran la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el Módulo de Fineza.

Es un concepto sumamente importante definido como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz N° 100, a esta cantidad se le divide entre 100. El sustento matemático del Módulo de Fineza reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse muy en claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

(Pasquel Carbajal, 1993)

La base experimental que apoya al concepto de Módulo de Fineza es que granulometrías que tengan igual M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia, lo que lo convierte en un parámetro ideal para el diseño y control de mezclas.

(Popovics, 1979)

Según la (ASTM C33.- Standard Specification for Concrete Aggregates, 2013), la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor de 3.1.



Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.3 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1, son las más favorables para concreto de alta resistencia.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto.- Teoría y Problemas, 2009)

- Tamaño máximo

El tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de un agregado grueso.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

El tamaño máximo del agregado grueso es otro factor que se deriva del análisis granulométrico y está definido como la abertura del menor tamiz de la serie que permite el paso del 100% del material. En la práctica, lo que indica el tamaño máximo de un agregado es el tamaño de la partícula más grande que hay dentro de la masa de los agregados, el cual debe ser compatible con las dimensiones y especificaciones de la estructura.

(Sánchez De Guzmán, 2001)

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos de agua en la mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 1 ½". En tamaños mayores, solo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

(S. Merritt, 1982)

- Tamaño máximo nominal

Se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- Un tercio del peralte de las losas; o
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de preesfuerzo.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000)

Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de



compactación son tales que el concreto se pueden colocar sin la formación de vacíos o “cangrejeras”.

(Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 2000)

2.2.31 Características resistentes

Están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos.

Las principales son:

- Resistencia

Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia a la compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande.

La resistencia en compresión está inversamente relacionada con la porosidad, la absorción y directamente con el peso específico.

Agregados normales con Peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden 750 a 1200 kg/cm².

La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desee optimizar la calidad de los concretos.

(Pasquel Carbajal, 1993, pág. 78)

- Tenacidad

Se denomina así en general a la resistencia al impacto. Está más relacionada con la sollicitación en flexión que en compresión, así como con la angulosidad y aspereza de la superficie.

Tiene trascendencia en las propiedades del concreto ante impactos, que son importantes en términos prácticos, al momento de evaluar las dificultades en el procesamiento por chancado del material. Su estimación es más cualitativa que cuantitativa.

(Pasquel Carbajal, 1993, pág. 78)

- Dureza

Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras o por agentes externos.

En los agregados para concreto se cuantifica por medio de la resistencia a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles, que consta de un cilindro metálico donde se introduce el agregado conjuntamente con 12 esferas de acero de 46.8 mm de diámetro y entre 390 y 445 gr. De peso cada una, con un peso total de 5000 +- 25 gr; haciéndose girar el conjunto un cierto número de revoluciones (100 o 500) que provocan el roce entre partículas, y de las esferas sobre la muestra provocando el desprendimiento superficial de material el cual se mide y expresa en porcentaje.

(Pasquel Carbajal, 1993, pág. 79)

2.2.32 Diseño de mezclas

2.2.32.1 Introducción

Habiendo detallado anteriormente, los conceptos sobre granulometría y la forma de caracterizarla numéricamente para optimizar las gradaciones, se deduce que la manera de introducir modificaciones granulométricas en los agregados es mezclándolos.

(Pasquel Carbajal, 1993)

La dosificación de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:

- Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

(Laura, 2006)

2.2.32.2 Notación

$f'c$ = Resistencia en compresión especificada del concreto, utilizada por el ingeniero calculista e indicada en los planos y especificaciones de obra. Se expresa en Kg/cm².

$f'cr$ = Resistencia en compresión promedio requerida, utilizada para la selección de las proporciones de los materiales que intervienen en la unidad cúbica del concreto.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2014)

2.2.32.3 Definición

La dosificación de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:



- Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

(Laura, 2006)

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente, los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

(Pasquel Carbajal, 1993, pág. 171)

La mezcla del concreto se especifica con el peso de agua, arena, agregado grueso y aditivos que se utilizaran por el saco de cemento. Además, se deben especificar el tipo de cemento, módulo de finura de los agregados y el tamaño máximo de los agregados. En ocasiones, la mezcla se especifica con la proporción por peso, entre el cemento, arena y agregado grueso más el contenido mínimo de cemento de concreto.

(S. Merritt, 1982)

2.2.32.4 Información requerida para el diseño de mezclas

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo y marca de cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

(Laura, 2006)

2.2.32.5 Pasos para el proporcionamiento

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- a) Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de la obra.



- b) Elección de la resistencia promedio (f'_{cr})
- c) Elección del asentamiento (Slump)
- d) Selección del tamaño máximo del agregado grueso y agregado fino.
- e) Estimación del agua de mezclado y contenido del aire.
- f) Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- g) Cálculo del contenido del cemento.
- h) Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- i) Ajustes por humedad y absorción.
- j) Cálculo de proporciones en volumen.
- k) Cálculo de cantidades por tanda.

(Laura, 2006)

- **Estudio detallado de los planos y/o especificaciones técnicas**

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

(Laura, 2006)

- **Elección de la resistencia promedio (f'_{cr})**

Factores en la variación de la calidad de concreto

El grado de control en la calidad y uniformidad del concreto, el cual ha de definir la resistencia promedio con la cual se han de seleccionar las proporciones de la mezcla, está sujeto a las variaciones debidas a:

- Variaciones en la calidad de los materiales
- Variaciones en el proceso de puesta en obra
- Variaciones en el control de calidad

Tabla 8 Coeficientes de variación y grados de control

Obtenible únicamente en ensayos de laboratorio	5%
Excelente en Obra	10% a 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%

- **Cálculo de la desviación estándar**

Método 1

Si la compañía constructora tiene un registro de sus resultados de ensayo de obras realizadas durante los últimos doce meses, el cual está basado en por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos de resistencia a compresión, o en 2 grupos de resultados de ensayos que totalizan por lo menos 30 y se han efectuado en dicho periodo, deberá calcularse la desviación estándar de estos resultados.

El registro de los resultados de ensayos de resistencia en compresión, a partir del cual se calculará la desviación estándar deberá:

- a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones de trabajo similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar. Las diferencias existentes en materiales y proporciones del registro del conjunto de ensayos no deberán ser más rigurosas a aquellas que se ha especificado para la obra propuesta.
- b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia en compresión de diseño especificada del orden de la del trabajo a ser iniciado; aceptándose un rango de variación de 35 kg/cm², para resistencias en compresión hasta de 280 kg/cm², y de 70kg/cm² para resistencias mayores en relación a las resistencias de diseño especificada para la obra propuesta.
- c) Si se posee un registro de 30 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente formula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

Donde:

s = Desviación estándar, en kg/cm²

X_i = Resistencia de la probeta de concreto, en kg/cm²

\bar{X} = Resistencia promedio de n probetas, en kg/cm²

n = Número de ensayos consecutivos de resistencia

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto, 2006

Método 2

Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Donde:

\bar{s} = Desviación estándar promedio en kg/cm² .

s_1, s_2 = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg/cm² .

n_1, n_2 = Número de ensayos en cada grupos, respectivamente.

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto, 2006

Método 3

Si solo posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, la desviación estándar calculada es amplificada por los factores de corrección dados por la tabla obteniéndose un valor equivalente a aquel de registro de 30 ensayos.

Tabla 9 Factor de corrección para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos

MUESTRAS	FACTOR DE CORRECCION
menos de 15	$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35.$
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Fuente: Rivva López, Concreto: Diseño de Mezclas, 2014)

- **Cálculo de la resistencia promedio requerida**

Método 1

La resistencia a la compresión promedio requerida, la cual ha de emplearse como base para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenidos a partir de la solución de las ecuaciones:

- a) Esta ecuación da una probabilidad de 1 en 100 de que el promedio de tres resultados de ensayos este por debajo de la resistencia de diseño especificada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s$$

s= Desviación estándar, en kg/cm²

- b) Esta ecuación da una probabilidad similar de que los resultados individuales de ensayos estén 35 kg/cm² por debajo de la resistencia de diseño especificada.

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35.$$

s = Desviación estándar, en kg/cm²

Método 2

Igualmente, la resistencia promedio puede obtenerse directamente a partir de los valores de la tabla, entrando en la misma con el valor de la desviación estándar y de la resistencia de diseño especificada. Esta tabla ha sido calculada a partir de las ecuaciones anteriores.

Tabla 10 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

TABLA No 2

f' c (K/CM2)	DS (K/CM2)								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	f' cr (K/CM2)								
140	155	160	170	175	180	185	200	210	220
175	190	195	205	210	215	220	235	245	255
210	225	230	240	245	250	255	270	280	290
245	260	265	275	280	285	290	305	315	325
280	295	300	310	315	320	325	340	350	360
350	365	370	380	385	390	395	410	420	430

Fuente: Rivva Lopez, Concreto: Diseño de Mezclas. 2014

Método 3

El comité ACI 211 contempló una modificación, la cual está presente en la (Norma E060 - Concreto Armado, 2015), Capítulo 5: CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACIÓN del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Cuando una instalación productora de concreto no tenga registro de ensayos de resistencia en obra debe determinarse con la siguiente tabla. Y debe cumplir con la documentación que justifique que la dosificación propuesta para el concreto producirá una resistencia promedio igual o mayor que la resistencia promedio a la compresión requerida, $F_c'r$, debe consistir en un registro de ensayos de resistencia en obra, en varios registros de ensayos de resistencia o en mezclas de prueba. (Norma E.060-Concreto armado, 2015)

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar de acuerdo a lo indicado, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la tabla.

Tabla 11 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f_c < 21$	$f_{cr} = f_c + 7,0$
$21 \leq f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8,5$
$f_c > 35$	$f_{cr} = 1,1 f_c + 5,0$

Fuente: Norma E.060 – Concreto armado, 2015

- **Elección del asentamiento (slump)**

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

Tabla 12 Asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥ 5" (125mm)

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto, 2006

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la Tabla N° 04 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla 13 Revenimiento

TIPOS DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
- Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
- Vigas y muros reforzados	10	2
- Columnas	10	2
- Pavimentos y losas	8	2
- Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto, 2006



- **Selección del tamaño máximo agregado.**

Las normas del diseño estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

La norma técnica de edificaciones E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a) $1/5$ de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- b) $1/3$ del peralte de la losa; o
- c) $3/4$ del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de refuerzo.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm ($1\frac{1}{2}$ ""). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

(Laura, 2006)

- **Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.**

La Tabla 11, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

La Tabla 11 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

(Laura, 2006)

Tabla 14 Estimación del agua de mezclado

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.									
ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en lt/m^3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1 1/2")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")		205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")		225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")		240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")		180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")		200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")		215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1 1/2") se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1 1/2") por tamizado húmedo. Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y ien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o ITINTEC 400.037).
 * Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1 1/2") antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1 1/2") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1 1/2"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.
 ** Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

Al mismo tiempo, podemos usar la Tabla 12 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la Tabla N° 06 corresponden a mezclas sin aire incorporado.

Tabla 15 Contenido de agua de mezcla

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m^3 , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1 1/2"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

Obtenido los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procederemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:

$$\text{Volumen de agua}(m^3) = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts /m}^3)}{\text{Peso específico de agua (1000Kg /m}^3)}$$

- **Elección de la relación agua/cemento (a/c)**

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

(Laura, 2006)

➤ **Por resistencia**

Para concretos preparados con cemento Portland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la Tabla 13.

Tabla 16 Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 5.1. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

➤ **Por durabilidad**

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la Tabla N° 08

Tabla 17 Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

(*) La resistencia f_c no deberá ser menor de 245 kg/cm² por razones de durabilidad.

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- **Cálculo del contenido de cemento**

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima.

$$\text{Contenido de Cemento (Kg /m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts /m}^3\text{)}}{\text{Relación a/c (para } f'_{cr}\text{)}}$$

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de Cemento (Kg)}}{\text{Peso específico (Kg /m}^3\text{)}}$$

fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- **Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino**

- **Método del comité 211 del aci:**

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la Tabla N° 09, elaborada por el comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino.

(Laura, 2006)

Tabla 18 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MODULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29. Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales. Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aprox. Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

Fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

Obtenido b / b_0 , procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{Peso seco del A. grueso} \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado del A. grueso})$$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

Entonces los volúmenes de los agregados grueso y fino serán:

$$\text{Vol. agregado grueso (m3)} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Vol. agregado fino (m3)}$$

$$= 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. agregado grueso})$$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

Por consiguiente, el peso seco del agregado fino y agregado grueso será:

$$\text{Peso agregado fino (kg/m3)}$$

$$= (\text{Vol. agregado fino})(\text{Peso específico del agregado fino})$$

$$\text{Peso agregado grueso (kg/m3)}$$

$$= (\text{Vol. agregado grueso})(\text{Peso específico del agregado grueso})$$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- **Ajustes por humedad y absorción**

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado, si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de agua a la pasta aumentando la relación a/c , la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión. Por lo tanto, estos efectos deben ser tomados estimados y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta. Por lo tanto:

$$\text{Agregado Grueso} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%Wg \\ \% \text{ absorción} = \%ag \end{array} \right\}$$

$$\text{Agregado Fino} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%Wf \\ \% \text{ absorción} = \%af \end{array} \right\}$$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

Pesos de agregados húmedos:

$$\text{Peso A. grueso húmedo (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%Wg}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. fino húmedo (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%Wf}{100}\right)$$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

Agua efectiva:

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(\frac{\%Wg - \%ag}{100}\right) = X$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(\frac{\%Wf - \%af}{100}\right) = Y$$

$$\text{Agua efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- **Cálculo de las proporciones en peso**

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. fino húmedo}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. grueso húmedo}}{\text{Peso cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$



fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- **Cálculo de las proporciones en volumen**

- **Datos necesarios:**

- Peso unitario suelto del cemento (1500 kg/m³).
- Pesos unitarios sueltos de los agregados finos y gruesos.

- **Volúmenes en estado suelto:**

- Cemento : $Vol. cemento (m^3) = \frac{Peso cemento (kg)}{P.U. cemento (1500 kg/m^3)}$
- Agregado fino : $Vol. A. fino (m^3) = \frac{Peso A.fino (kg)}{P.U. A.fino húmedo (kg/m^3)}$
- Agregado grueso : $Vol. A. grueso (m^3) = \frac{Peso A.grueso (kg)}{P.U. A.grueso húmedo (kg/m^3)}$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

En el caso del agua, éste se calculará en litros por bolsa de cemento (Lts/Bls), de la siguiente manera:

$$Agua (Lts/Bls) = \frac{Cantidad de agua por m^3 de C^o}{\frac{Peso cemento por m^3 de C^o}{Peso cemento por bolsa (42.5)}}$$

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- **Proporciones en volumen**

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua (Lts/Bls)

$$\frac{Vol. cemento}{Vol. cemento} : \frac{Vol. A. fino}{Vol. cemento} : \frac{Vol. A. grueso}{Vol. cemento} / Agua(Lts/Bls)$$

C : F : G / A

fuelle: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- **Cálculo de cantidades por tanda:**

- **Datos necesarios**

- Capacidad de la mezcladora.
- Proporciones en volumen.

- **Cantidad de bolsas de cemento requerido**



$$\text{Cant. de bls requerida} = \frac{(\text{Capacidad mezcladora (pie}^3\text{)})(0.0283 \text{ m}^3)(\text{Peso cemento (kg)})}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5 kg)}}$$

fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- Eficiencia de la mezcladora

Debido a que la mezcladora debe ser abastecida por un número entero de bolsas de cemento, la cantidad de bolsas de cemento por tanda será igual a un número entero menor a la cantidad de bolsas requeridas por la mezcladora.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Cantidad de bolsas de cemento por tanda}}{\text{Cantidad de bolsas requerido}} \times 100$$

fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- Volumen de concreto por tanda

$$\text{Vol. de C}^\circ \text{ por tanda} = (\text{Capacidad mezcladora (pie}^3\text{)})(0.0283 \text{ m}^3)\left(\frac{\text{Eficiencia (\%)}}{100}\right)$$

fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

- Cantidad de materiales por tanda

Teniendo las proporciones en volumen (C:F:G:A), calculamos la cantidad de materiales por tanda:

- Cemento : 1x2 = 2 bolsas.
- Agregado fino : Fx2 = Cantidad de A. fino en m3.
- Agregado grueso : Gx2 = Cantidad de A. grueso en m3.
- Agua : Ax2 = Cantidad de agua de Lts.

fuente: Samuel Laura Huanca, Diseño de mezclas de concreto,2006

2.2.33 Resistencia a la compresión

Es una medida, refiere Sánchez (2010, p.159), para determinar la capacidad que tiene el mortero de soportar una fuerza impuesta. Como la resistencia a la compresión está influenciada por la hidratación del cemento y esta a su vez determina las propiedades físicas del mortero endurecido, es posible mediante los resultados de resistencia inferir otras propiedades.

Una cualidad como esta, algunas veces es usada como el criterio principal para la selección del tipo de mortero, porque la resistencia a la compresión es relativamente fácil de medir y

comúnmente hace relación a otras propiedades como la adherencia, resistencia a la tensión y la absorción. (Sánchez, 2010, p.159).

Sánchez (2010, p.160), señala además que no se depende únicamente de la resistencia como criterio para la selección del mortero. Una buena adherencia es generalmente más importante, así como una buena trabajabilidad y retención de agua. La resistencia a la flexión es también necesaria porque mide la capacidad del mortero para resistir agrietamiento.

La resistencia a la compresión desarrollada por los morteros hace mención a la capacidad para soportar esfuerzos axiales de compresión. Además de ser una de las propiedades del mortero más sencillas de cuantificar, este parámetro nos permite deducir valores como la resistencia de la adherencia y resistencia a la tensión.



Figura 7 Ensayo a la Compresión
Recuperado de: www2.caminos.upm.es/

2.2.33.1 Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto en briquetas

La resistencia del concreto está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

(Rivva López, Concreto: Diseño de Mezclas, 2014)

La resistencia es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general, se determina por la resistencia final de una probeta en compresión; pero, en ocasiones por la capacidad de flexión o de tensión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

(S. Merritt, 1982)



El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

(NTP 339.034, 1999, pág. 5)

2.2.33.2 Objeto

La presente Norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de concreto endurecido. Se limita a concretos que tienen un peso unitario mayor de 800 kg/cm².

(American Society for Testing Materials, 2008)

2.2.33.3 Resumen del método

El esfuerzo a la compresión del espécimen es calculado dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo por el área de la carga axial del espécimen. Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de la forma y el tamaño del espécimen, la pasta del cemento, los procedimientos de la mezcla, los métodos de muestreo, fabricación, la edad y las condiciones de humedad durante le curado.

Un resultado de prueba es el promedio de por lo menos dos pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo de la misma edad. En la mayoría de los casos, los requerimientos de la resistencia para el concreto se realizan a los 28 días.

(American Society for Testing Materials, 2008)

2.2.33.4 Aparatos y muestras

- Máquina de ensayo

La máquina estará provista de dos bloques de acero de superficie sólida, entre los cuales se comprimen las probetas sometidas al ensayo. Los puntos de las superficies de contacto de ambos cabezales con las correspondientes bases de la probeta, no se deben apartar más de 0.025 mm de la superficie de un plano. Los bloques nuevos tendrán la mitad de esta tolerancia. El diámetro de la superficie plana de cada uno de los cabezales será por lo menos igual y preferentemente algo mayor que el diámetro de la probeta.

(American Society for Testing Materials, 2008)

La máquina de ensayo es de cualquiera de los tipos de uso corriente, de suficiente capacidad y capaz de mantener una velocidad de carga continua y uniforme. El porcentaje de error para las



cargas, dentro del rango de su utilización, no excederá de $\pm 1.0\%$. Deberá tener espacio suficiente para colocar la probeta de ensayo con comodidad, así como los dispositivos de calibración.

American Society for Testing Materials, 2008)

- Muestras

- Las probetas de ensayo deben cumplir en cuanto a dimensiones, preparación y curado con las normas NTP.339.033 y NTP.339.034, según se trate de probetas de obra o de laboratorio.

- Las probetas se ensayan inmediatamente después de ser retiradas del agua o de la cámara de curado. En caso que debe transcurrir cierto tiempo entre el curado y el ensayo, se mantienen húmedas, cubriéndolas con paños y lienzos humedecidos, hasta el momento del ensayo. El ensayo se realiza con la probeta en estado húmedo.

(Indecopi, 2009)

2.2.33.5 Mediciones

El diámetro de la probeta se determina, mediante un calibrador micrométrico, con la aproximación de 0.1 mm promediando las longitudes de dos diámetros normales medidos en la zona central de la probeta. La altura de la probeta, incluyendo las capas de terminado se miden con aproximación al milímetro.

(Indecopi, 2009)

2.2.33.6 Ensayo

- Colocación de la probeta

Antes de iniciar cada ensayo, se limpian cuidadosamente las superficies planas de contacto de los bloques superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta. Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo, y se centra sobre la superficie del mismo, tratando que la probeta quede centrada con el bloque superior.

(Indecopi, 2012)

- Velocidad de la carga

La carga deberá ser aplicada en forma continua, evitando choques, se aplicará la velocidad de carga continua y constante, desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta registrando el valor de la carga máxima, el tipo de rotura y además toda la observación relacionada con el aspecto del concreto en la zona de rotura. Se podrá aplicar una velocidad de carga inicial mayor



hasta llegar a la mitad de carga resistente esperada, luego reducirla a velocidad continua y constante, hasta producir la rotura de la probeta. En los momentos finales del ensayo, cuando la probeta se deforma rápidamente, no se debe modificar la velocidad de aplicación de la carga.

(Indecopi, 2009)

2.2.33.7 Expresión de resultados

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_c = 4 G / \pi D^2$$

Dónde:

R_c: Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

G: La carga máxima de rotura en kilogramos.

D: Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

El módulo y la resistencia aumenta con la edad. La resistencia puede aumentarse disminuyendo la proporción agua – cemento, utilizando agregados para mayor resistencia, graduando los agregados para producir menor porcentaje de huecos en el concreto, curando el concreto en húmedo después de que ha fraguado, añadiendo una puzolana como ceniza ligera, vibrando el concreto en las formas o cimbras y succionando el exceso de agua, del concreto que está en las formas, con una bomba de vacíos.

(S. Merritt, 1982)

2.2.34 El acero

El acero es una aleación de diversos elementos entre ellos: carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel y vanadio. El carbono es el más importante y el que determina sus propiedades mecánicas.

El acero para ser utilizado en concreto armado se fabrica bajo las normas ASTM-A-615/615M-00, Y A-706/706M-00. En el Perú es producido a partir de la palanquilla pero en el extranjero también se suele conseguir el reciclaje de rieles de tren y ejes usados. Estos últimos son menos maleables, más duros y quebradizos.

El refuerzo del concreto se presenta en tres formas: varillas corrugadas, alambre y mallas electrosoldadas.

. (Harmsen, 2002)

2.2.35 Varillas corrugadas y alambres

Las varillas corrugadas son de sección circular y, como su nombre lo indica, presentan corrugaciones en su superficie para favorecer la adherencia con el concreto. Existen tres calidades distintas de acero corrugado: grado 40, grado 60 y grado 75 aunque en nuestro medio solo se usa el segundo. Las características de estos tres tipos se muestran en la siguiente tabla

. (Harmsen, 2002)

Tabla 19 Características resistentes de los aceros grado 40,60 y 75

	f_y (kg/cm ²)	f_s (kg/cm ²)
Grado 40	2800	4900
Grado 60	4200	6300
Grado 75	5300	7000

donde: f_y : Esfuerzo de fluencia del acero.
 f_s : Resistencia mínima a la tracción a la rotura.

Fuente: Teodoro E. Harmsen

2.2.36 Características del alambre negro recocido N°8

Es un alambre de acero de bajo carbono, obtenido por trefilación y con posterior tratamiento térmico de recocido, que le otorga excelente ductilidad y maleabilidad, conservando suficiente resistencia mecánica para trabajar óptimamente en las aplicaciones señaladas.

- Uso: Se usa en la industria de la construcción para amarres de fierro corrugado en todo tipo de estructuras. Asimismo, en la preparación de fardos y embalajes en general.
- Normas técnicas: Composición Química SAE J403e – N°1008, ASTM A853.
- Propiedades Mecánicas: resistencia a la tracción de 35 a 42 kg/mm².

(Aceros Arequipa, 2018)

2.2.36.1 Usos

Se usa en la industria de la construcción para amarres de fierro corrugado en todo tipo de estructuras. Asimismo, en la preparación de fardos y embalajes en general.

(<http://www.acerosarequipa.com>)

2.2.36.2 Norma Técnica

ASTM A853

Composición química: SAE 1008.

2.2.37 Propiedades mecánicas del acero

2.2.37.1 Relación esfuerzo-deformación del acero

En la figura se puede apreciar una porción de la curva esfuerzo- deformación para aceros de diversos grados. Como se observa, en la fase elástica, los aceros de distintas calidades tienen un comportamiento idéntico y las curvas se confunden. El módulo de elasticidad es definido como la tangente del ángulo α . Por lo tanto, este parámetro es independiente del grado del acero y se considera igual a

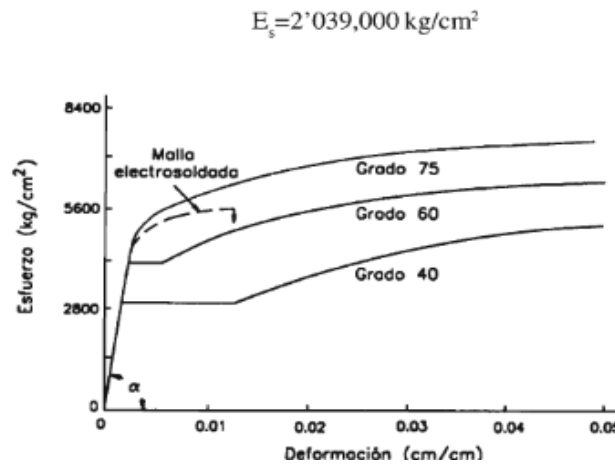


Figura 8 Curva esfuerzo-deformación y módulo de elasticidad del acero
Fuente: Teodoro E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado

A diferencia del comportamiento inicial, la amplitud del escalón de fluencia varía con la calidad del acero. El acero grado 40 presenta una fluencia más pronunciada que los aceros grado 60 y 75.

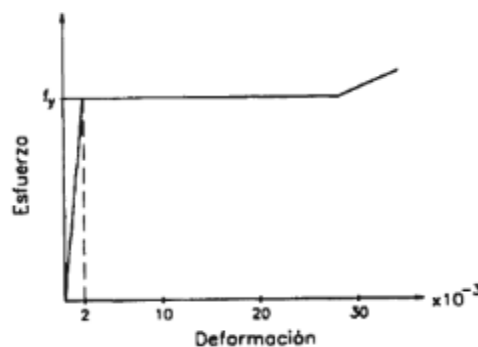


Figura 9 Idealización de la curva esfuerzo- deformación del acero asumido por el código del ACI
Fuente: Teodoro E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado

El acero es un material que a diferencia del concreto tiene un comportamiento muy similar a tracción y a compresión. Por ello, se asume que la curva estudiada es válida para tracción y compresión.

(Harmsen, 2002)

2.2.37.2 Coeficiente de dilatación térmica

Su valor es muy similar al del concreto: $1.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Esto es una gran ventaja pues no se presentan tensiones internas entre refuerzo y concreto por los cambios de temperatura del medio. Ambos tienden a dilatarse y contraerse de modo similar.

(Harmsen, 2002)

2.2.37.3 Maleabilidad

Esta propiedad se garantiza a través de una prueba que consiste en doblar en frío una varilla de acero alrededor de un pin sin que esta se astille en su parte exterior. El diámetro del pin varía de acuerdo a la varilla ser ensayada y se indica en la siguiente tabla.

(Harmsen, 2002)

Tabla 20 Diámetros del pin para la prueba de maleabilidad del acero

Denominación	Diámetro del pin acero A-615, A-616 y A-617	Diámetro del pin acero A-706
#3, #4 y #5	$3.5 d_b$	$3 d_b$
#6, #7 y #8	$5 d_b$	$4 d_b$
#9, #10 y #11	$7 d_b$	$6 d_b$
#14 y #18	$9 d_b$	$8 d_b$

Fuente: Teodoro E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado

2.2.38 Oxidación del acero

El acero debe estar libre de óxido durante su colocación pues este perjudica la adherencia con el concreto. El óxido reduce la sección transversal de las varillas afectando directamente su capacidad resistente.

(Harmsen, 2002)

2.2.39 Fatiga del acero

La fatiga del acero se presenta si el material es sometido a ciclos de carga y descarga siempre que por lo menos uno de los límites de carga corresponda a una sollicitación de tracción. Existe un rango de variación de esfuerzos bajo el cual se puede someter indefinidamente al acero sin que pierda resistencia.

(Harmsen, 2002)

2.2.40 Recubrimiento y espaciamiento mínimo del refuerzo

El recubrimiento y espaciamiento del refuerzo deben ser controlados para evitar las fallas por adherencia descritas en la sección precedente para garantizar una distribución del acero que facilite el procedimiento constructivo. Además, es necesario asegurar un recubrimiento mínimo de concreto para proteger el refuerzo contra la corrosión, el fuego, la abrasión, etc.

2.2.41 Recubrimiento mínimo de acero

El código del ACI sugiere algunos valores para el recubrimiento mínimo los cuales se indican en las tablas

Tabla 21 Recubrimiento concreto vaciado en obra

Concreto vaciado en obra	Recubrimiento mínimo (cm)
1. Concreto vaciado directamente sobre el terreno sin encofrado	7.5
2. Concreto en contacto con el terreno o expuesto a la intemperie	
Varillas #6 a #18	5.0
Varillas #5, alambres W31 o D31 y menores	4.0
3. Concreto vaciado al interior de edificaciones	
Losas, muros y aligerados	
Varillas #14 y #18	4.0
Varillas #11 y menores	2.0
Vigas y columnas: refuerzo longitudinal, estribos y espirales	4.0
Bóvedas y elementos laminares	
Varillas #6 y mayores	2.0
Varillas #5 y menores	1.5

Fuente: Teodoro E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado

Tabla 22 Recubrimiento concreto en elementos pretensados

Concreto en elementos pretensados	Recubrimiento mínimo (cm)
1. Concreto sobre el terreno	7.5
2. Concreto expuesto al terreno o a la intemperie	
Muros, losas y viguetas	2.5
Otros	4.0
3. Concreto no expuesto al terreno o a la intemperie	
Vigas y columnas:	
Refuerzo longitudinal	4.0
Estribos y espirales	2.5
Losas, muros y viguetas	2.0
Bovedas y elementos laminares	
Varillas # 6 y mayores	2.0 ó d_b
Varillas # 5 y menores	1.3

Fuente: Teodoro E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado

Tabla 23 Recubrimiento concreto en elementos prefabricados

Concreto en elementos prefabricados (Elaborado bajo estricto control de calidad)	Recubrimiento mínimo (cm)
1. Concreto en contacto con el terreno o expuesto a la intemperie	
Paneles para paredes:	
Varillas # 14, y # 18 ó tendones $\geq 1\frac{1}{2}$ "	4.0
Varillas # 11 ó menores ó tendones $< 1\frac{1}{2}$ " ó alambres \leq W.31 ó D.31	2.0
Otros elementos:	
Barras # 14 y # 18 ó tendones $\geq 1\frac{1}{2}$ "	5.0
Barras # 6 a # 11 ó tendones $\geq 5/8$ y $< 1\frac{1}{2}$ "	4.0
Barras # 5 ó menores y tendones $\leq 5/8$ ó alambres \leq W.31 ó D.31	3.3
2. Concreto no expuesto al terreno ó intemperie	
Losas, paredes y aligerados:	
Varillas # 14 y # 18 ó tendones $\geq 1\frac{1}{2}$ "	3.3
Tendones $< 1\frac{1}{2}$ "	2.0
Varillas # 11 ó menores ó alambre menores a W.31 ó D.31	1.6

Fuente: Teodoro E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado

Para protección especial contra incendios es recomendable un recubrimiento de 5 cm. para muros y losas y 6cm. para otros elementos. En estos casos, convenientes armar el recubrimiento con malla de alambre.

2.2.42 Ensayo de tracción del acero

Debido a la gran cantidad de información que puede obtenerse a partir de este ensayo, es sin duda alguna, uno de los test mecánicos más empleados para el acero. La versatilidad del ensayo de tracción radica en el hecho de que permite medir al mismo tiempo, tanto la ductilidad, como la resistencia. El valor de resistencia es directamente utilizado en todo lo que se refiere al diseño. Los datos relativos a la ductilidad, proveen una buena medida de los límites hasta los cuales se puede llegar a deformar el acero sin llegar a la rotura.

Este ensayo consiste es someter una barra, de sección uniforme y conocida, a una fuerza de tracción que va aumentando progresivamente. En forma simultánea se van midiendo los correspondientes alargamientos de la barra.

La figura 10 muestra un esquema de una máquina para ensayos de tracción, en la que se estira la barra a una velocidad constante. Con los resultados de la elongación de la barra, se puede graficar una curva de carga contra alargamiento, que generalmente se registran como valores de esfuerzo y deformación unitarios, y son independientes de la geometría de la barra

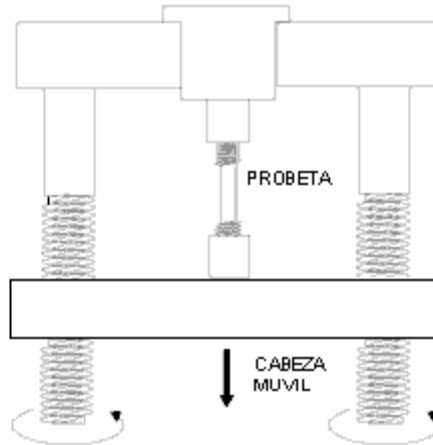


Figura 10 Esquema de una máquina para ensayos de tracción
Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/10/ensayo-de-traccion-del-acero.html>

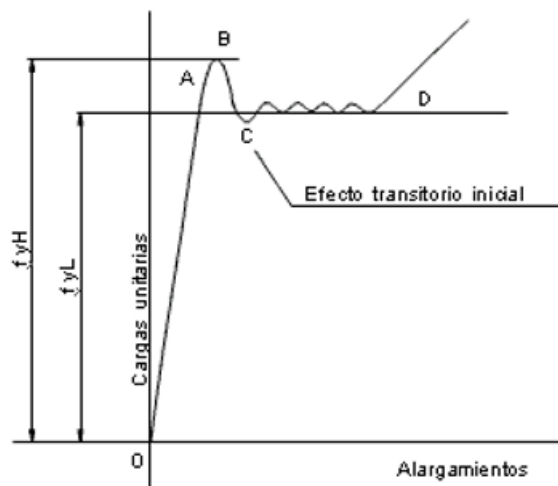


Figura 11 Carga vs alargamiento
Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/10/ensayo-de-traccion-del-acero.html>

- **Determinación del alargamiento**

Alargamiento es el porcentaje que el acero se alarga cuando es sometido a una carga que pase su Límite de Fluencia. La determinación del Alargamiento se hace por la comparación entre la distancia entre dos marcas hechas en la barra antes del ensayo, denominado largo inicial L_0 , y la distancia entre las dos marcas después que se rompe la barra, denominado largo final L_1 (figura 12). El largo inicial utilizada es 10 veces el diámetro nominal.

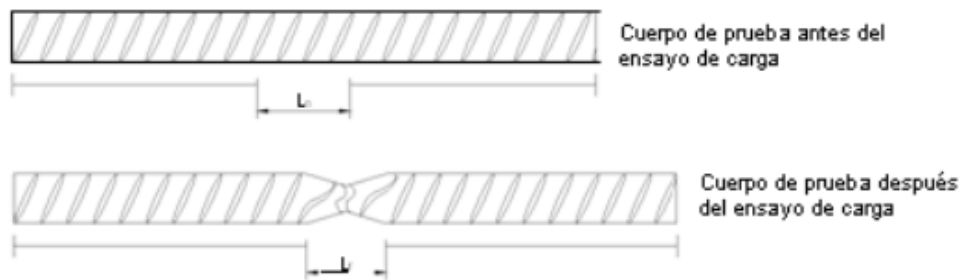


Figura 12 Determinación del alargamiento

Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/10/ensayo-de-traccion-del-acero.html>

2.2.43 Acero de refuerzo expuesto al fuego

Al exponerse estructuras al fuego durante intervalos de tiempo considerable su temperatura interior va aumentando paulatinamente, este es el caso del concreto que presenta fisuras en primera instancia, en las cuales el recubrimiento del elemento va perdiéndose de acuerdo al grado de exposición, ocasionando un contacto directo del acero de refuerzo con el fuego. Dichos materiales presentan coeficientes de dilatación similares que fluctúan entre 1 y 16 millonésimas por grado centígrado pese a esto la temperatura del acero será la misma a la que el incendio esté desarrollándose mientras que el concreto tardará mayor tiempo en adquirir dicha temperatura.



Figura 13 Estribo cortado por efectos de altas temperaturas

Fuente: Resistencia al fuego de estructuras de hormigón, cemento y hormigón, 2005

Un ejemplo claro del comportamiento del acero en un elemento expuesto al fuego es una viga, puesto que en la zona inferior hay una constante variación de temperatura a diferencia de su parte superior, dicho comportamiento afecta de manera significativa a la estructura y en el caso de vigas isostáticas que no permiten una redistribución de esfuerzos hacia los apoyos estas se verán gravemente afectadas aumentando las posibilidades de un colapso.

Uno de los fenómenos internos que aquejan a todo tipo de elementos estructurales en un incendio se denomina spalling el cual se basa en la explosión interna del vapor existente en el concreto, además la pérdida de cohesión entre los agregados facilita la penetración del fuego disminuyendo así la adherencia acero-hormigón.



2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

Las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical con respecto a una muestra patrón serán alteradas en relación al tiempo de exposición y grado de temperatura.

2.3.2 Sub Hipótesis

- **Sub Hipótesis N° 01**

El valor de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 disminuirá en un rango de 10% a 55% con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación en temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C

- **Sub Hipótesis N° 02**

El valor de la resistencia a la tracción (tensión) del alambre negro recocido N°8 con un recubrimiento de 5 cm disminuirá en un rango de 0% a 30% con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación en temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C

- **Sub Hipótesis N° 03**

El peso del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos disminuirá en un rango de 0% a 10% con respecto a una muestra patrón.

- **Sub Hipótesis N° 04**

El volumen del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos incrementará en un rango de 0% a 10% con respecto a una muestra patrón.

- **Sub Hipótesis N° 05**

La densidad del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos incrementará en un rango de 0% a 20% con respecto a una muestra patrón.



2.4 Definición de variables

2.4.1. Variables independientes

- ✓ X1: Agregado grueso: Es aquel que queda retenido en el tamiz N° 4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava. (IND: peso en kg)
- ✓ X2: Agregado fino: Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas. (IND: peso en kg)
- ✓ X3: Cemento Portland: Es un conglomerante, que une o da cohesión, se endurece con el agua y produce compuestos mecánicamente resistentes (IND: peso en kg)
- ✓ X4: Agua: Agua tratada en una planta potabilizadora, no debe contener sustancias o microorganismos. (IND: volumen en litros)
- ✓ X5: Alambre negro Recocido N°8: Es un alambre de acero de bajo carbono, obtenido por trefilación y con posterior tratamiento térmico de recocido, que le otorga excelente ductilidad y maleabilidad. (IND: longitud en centímetros)

2.4.2. Variables dependientes

- ✓ Y1: Resistencia a la compresión: Es la fuerza de compresión que se ejerce sobre un área resistente. (IND: Modulo de resistencia a la compresión, (en kg/cm²)).
- ✓ Y2: Resistencia a la tracción: Es el grado de tensión que puede recibir un objeto antes de que se rompa cuando la presión es de forma transversal a su eje. (IND: Modulo de resistencia a la tracción, (en kN/mm²)).
- ✓ Y3: Temperatura: Es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. (IND: Temperatura del horno, (en grados Celsius (°C))).
- ✓ Y4: Tiempo: Es una circunstancia intuitiva que se relaciona ineludiblemente con el cambio que experimentan las cosas y sus relaciones. (IND: Ciclos de exposición, (en Minutos)).
- ✓ Y5: Peso: Fuerza que ejerce un determinado cuerpo sobre el punto en el que se encuentra apoyado. (IND: Peso, (en g)).
- ✓ Y6: Volumen: Se define como la extensión de un objeto en sus tres dimensiones, es decir, tomando en cuenta su longitud, ancho y altura. (IND: Volumen, (en cm³)).
- ✓ Y7: Densidad: Es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en un determinado volumen de una sustancia. (IND: Densidad, (en g/cm³)).

2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 24 Cuadro de operacionalización de variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
VARIABLES DEPENDIENTES				
VARIABLE	DESCRIPCION DE VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Y1: Resistencia a la compresión	Es la fuerza de compresion que se ejerce sobre un área resistente.	Resistencia a los 28 dias	Módulo de resistencia a la compresión en kg/cm ²	Formatos de evaluación de resistencia a la compresión
Y2: Resistencia a la tracción	Es el grado de tensión que puede recibir un objeto antes de que se rompa cuando la presión es de forma transversal a su eje.	Resistencia del material hasta producir la rotura	Módulo de resistencia a la tracción en kN/mm ²	Guías de observación de Laboratorio Formatos de evaluación de resistencia a la tracción
Y3: Temperatura	Es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee.	800°C	Temperatura del horno (en °C)	Guías de observacion de Laboratorio
		900°C		
		1000°C		
Y4: Tiempo	Es una circunstancia intuitiva que se relaciona ineludiblemente con el cambio que experimentan las cosas y sus relaciones.	30 minutos	Ciclos de exposicion (en minutos)	Guías de observacion de Laboratorio
		60 minutos		
		90 minutos		
		120 minutos		
		180 minutos		
Y5: Peso	Fuerza que ejerce un determinado cuerpo sobre el punto en que se encuentra apoyado	Disminucion de Peso del concreto	Peso (en g)	Guías de observacion de Laboratorio
Y6: Volumen	Se define como la extension de un objeto en sus tres dimensiones, es decir, tomando en cuenta su longitud, ancho y altura	Incremento de Volumen del concreto	Volumen (en cm ³)	Guías de observacion de Laboratorio
Y7: Densidad	Es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en un determinado volumen de una sustancia	Disminucion de la Densidad del concreto	Densidad (en g/cm ³)	Guías de observacion de Laboratorio
VARIABLES INDEPENDIENTES				
X1: Agregado grueso	Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.	Propiedades Físicas	Granulometria	Guías de observación de Laboratorio Formatos de evaluación de resistencia a la compresión
			Peso Especifico	
		Propiedades Mecánicas	Cantidad de Humedad	
			Absorcion	
X2: Agregado fino	Se define como aquel que pasa tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N°200, el mas usual es la arena producto resultante de la desintegracion de las rocas.	Propiedades Físicas	Granulometria	Guías de observación de Laboratorio Formatos de evaluación de resistencia a la compresión
			Peso Especifico	
		Propiedades Mecánicas	Cantidad de Humedad	
			Absorcion	
X3: Cemento Portland	Es un conglomerante, que une o da cohesión, se endurece con el agua y produce compuestos mecánicamente resistentes.	Tipo IP	Peso (en kg.)	Guías de observación de Laboratorio Formatos de evaluación de resistencia a la compresión
X4: Agua	Agua tratada en una planta potabilizadora, no debe contener sustancias o microorganismos.	Potable	Volumen (en m ³)	Guías de observaciones de Laboratorio
X5: Alambre negro recocido N° 8	Es un alambre de acero de bajo carbono, obtenido por trefilación y con posterior tratamiento térmico de recodio, que le otorga excelente ductilidad y maleabilidad.	Nacional	Longitud (en cm.)	Guías de observación de Laboratorio Formatos de evaluación de resistencia a la tracción

Fuente: Propia



Capítulo III: Metodología

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa, pues según (Monje Álvarez, 2011): Su constatación se realiza mediante la recolección de información cuantitativa orientada por conceptos empíricos medibles, derivados de los conceptos teóricos con los que se construyen las hipótesis conceptuales. El análisis de la información recolectada tiene por fin determinar el grado de significación de las relaciones previstas entre las variables.

Podemos decir que la búsqueda de la objetividad y la cuantificación se orientan a establecer promedios a partir del estudio de las características de un número de objetos, en la presente investigación se estudiarán 60 especímenes sometidos a flexión, cada grupo se subdividen en tres, los cuales dependerán del porcentaje de adición de viruta de acero en cada grupo de especímenes. El procedimiento cuantitativo nos permitirá identificar características promedio entre sí y poder responder a las hipótesis planteadas, demostrando o no su validez.

3.1.2 Nivel de investigación

A través de un estudio descriptivo se pretende obtener información acerca del estado actual de los fenómenos naturalmente, recabar toda la información posible acerca de un fenómeno, se antoja como meta difícilmente alcanzable, pero, de acuerdo con los propósitos de estudio, el investigador determina cuales son los factores o las variables cuya situación pretende identificar. La descripción puede incluir aspectos cualitativos y cuantitativos de los fenómenos, va, más allá de la manera de acumulación de datos, a un proceso de análisis e interpretación que desde un marco teórico, realiza el investigador. (Moreno Bayardo, 2000)

El nivel o alcance de la investigación es descriptivo, pues consistirá en la recabación de todos los datos posibles de los fenómenos cuyo estudio fue propuesto inicialmente, asimismo se realizará un análisis e interpretación de los resultados obtenidos para aclarar si satisface o no a las hipótesis planteadas.

3.1.3 Método de investigación

Cuando la lógica de un proceso de investigación es hipotético deductiva, una vez que se ha planteado el problema de investigación, se procede a su sustentación. Con base a los elementos teóricos y conceptuales disponibles, el investigador llega a identificar elementos que se



consideraran como relevantes para proponer una respuesta al problema, misma que se expresa en el planteamiento de hipótesis. (Moreno Bayardo, 2000)

El método de investigación es hipotético deductivo por que se plantea un problema, el cual nos permitirá establecer hipótesis, las cuales deduciremos de la afirmación o negación. Así mismo se procederá a su sustentación a través de métodos empíricos en función a las variables correspondientes.

3.1. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño metodológico

La investigación es de tipo EXPERIMENTAL porque según (RODRIGUEZ MOGUEL, 2005). Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por el para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

3.2.2. Diseño de ingeniería.

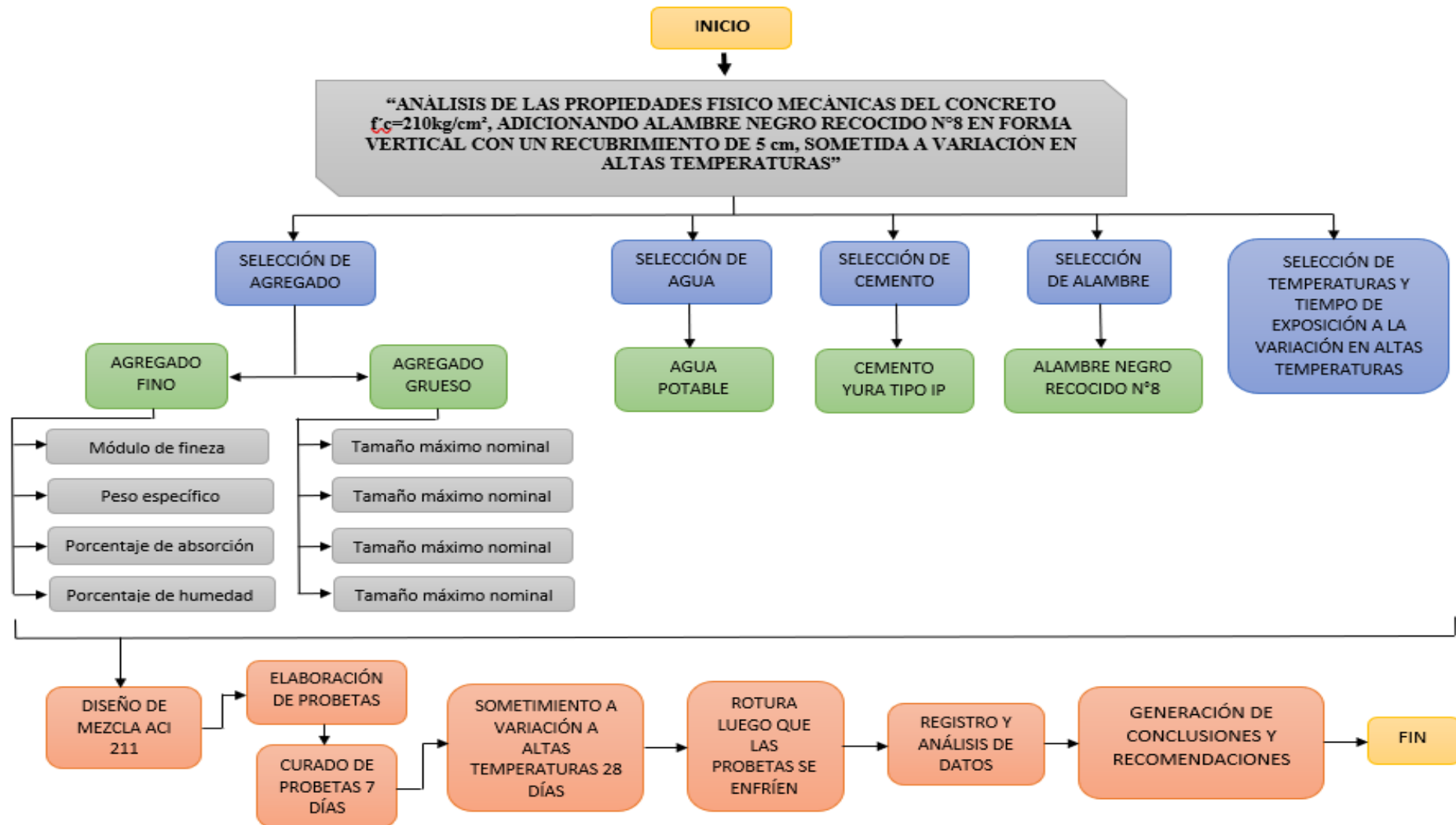


Figura 14 Diseño de ingeniería

Fuente: propia



3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

3.2.1.1 Descripción de la población

La población o universo es el conjunto de objetos, sujetos o unidades que comparten la característica que se estudia y a la que se pueden generalizar los hallazgos encontrados en la muestra (aquellos elementos del universo seleccionados) para ser sometidos a la observación. La definición de la población para un proyecto de investigación responde a la necesidad de especificar el grupo al cual son aplicables los resultados del estudio.

(Monje Álvarez, 2011)

Para lograr los objetivos de la presente investigación, la población correspondiente a este estudio está conformada por briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de dimensiones 0.10m de radio y 0.20m de altura, adicionado un alambre recocido N° 8, la cual estará expuestas a temperaturas entre 800°C, 900°C y 1000°C en tiempos de 30min, 60min, 90min y 120min, Asimismo briquetas de concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionado con alambre negro recocido N°8.

Ambos grupos fabricados con cemento Portland tipo IP, agregado grueso de la cantera de Vicho, agregado fino de la cantera de Cunyac y agua potable.

3.2.1.2 Cuantificación de la población

La población de la presente investigación consiste en un total de 192 especímenes de las cuales 12 patrón de concreto solo y 180 de concreto adicionado con alambre negro recocido N° 8, éstas a su vez distribuidas en 15 grupos de 12 para cada tiempo de exposición a altas temperaturas. Cabe mencionar que fueron elaboradas de manera continua y ordenada.

3.2.2 Muestra

3.2.2.1 Descripción de la muestra

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 1991).

Según el autor referenciado, la muestra debe ser un subgrupo de la población que represente la conducta del universo, sin embargo, en la presente investigación se tiene una población ya

delimitada y cuantificada, no siendo necesaria la selección de un grupo en particular, es por ello que la muestra es igual a la población.

3.2.2.2 Cuantificación de la muestra

Tabla 25 Cuantificación de la muestra

CANTIDAD DE ESPECIMENES																		
DESCRIPCION	PATRON	TIEMPO DE QUEMADO DE ESPECIMENES															TOTAL DE BRIQUETAS	
		30 min			60 min			90 min			120 min			180 min				
		800°C	900°C	1000°C	800°C	900°C	1000°C	800°C	900°C	1000°C	800°C	900°C	1000°C	800°C	900°C	1000°C		
DIAS	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias	
BRIQUETAS	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	12 unid	192 Unid

Fuente: propia

3.2.2.3 Método de muestreo

Según Ávila Baray (2006), en el muestreo no probabilístico la selección de las unidades de análisis depende de las características, criterios personales, etc. del investigador por lo que no son muy confiables en una investigación con fines científicos o tecnológicos.

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características del investigador o del que hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico, ni en base a fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de una persona o grupo de personas, y desde luego, las muestras seleccionadas por decisiones subjetivas tienden a estar sesgadas. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 1991)

El método de muestreo es de tipo no probabilístico, por conveniencia o intencionalidad; según los autores referenciados, el muestreo no probabilístico no es en función a fórmulas sino en base a la toma de decisiones, tomando en cuenta esta base teórica semejante a nuestra realidad y teniendo una población relativamente pequeña, se optó por elegir esta metodología.



3.2.2.4 Criterios de evaluación de muestra

Los especímenes que conforman la muestra deben cumplir las siguientes especificaciones:

- No presentar cangrejeras o fisuras.
- No presentar porcentaje mayor al 20 % de vacíos.
- No tener imperfecciones o irregularidades en las caras superior e inferior.
- No presentar segregación ni eflorescencia.
- Poseer la verticalidad de 90°.
- El alambre recocido N° 8 debe tener longitud constante y espesor uniforme.

3.2.3 Criterios de inclusión

Los especímenes que fueron incluidos en este estudio fueron seleccionados de manera aleatoria, siendo elaboradas con características y condiciones necesarias para la presente investigación, las cuales son:

- Se evaluó el tiempo de exposición a altas temperaturas de las briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Se evaluó la resistencia a la compresión en diferente tiempo de exposición a altas temperaturas de las briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Se empleó concreto de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para todas las briquetas.
- Se empleó cemento Portland tipo IP, agregado grueso procedente de la cantera de Vicho, agregado fino procedente de la cantera de Cunyac y agua potable.
- El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4".
- El módulo de fineza del agregado fino es mayor que 3.
- Se evaluó briquetas de concreto de dimensiones de 10 cm de diámetro y 20 cm. de altura.
- El tiempo de exposición a altas temperaturas varían desde 30,60,90 y 120 minutos.
- El tipo de alambre negro recocido n°8 es de marca comercial y cumple con las normas técnicas: SAE J403e – N°1008.
- Los elementos muestrales fueron curados y posteriormente sumergidos en agua potable.
- El equipo que presenta el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad De

Ingeniería, Carrera Profesional De Ingeniería Civil de la Universidad Andina Del Cusco, presenta un equipo de ensayo a compresión portátil para ensayos a compresión de briquetas de sección 10 cm de diámetro x 20 cm de altura por lo cual es el indicado para las pruebas a realizar en la presente investigación.

- Los especímenes deben cumplir con la resistencia a los 28 días tal como lo indica la curva del cemento Yura Portland tipo IP, para ser considerados aceptables.

3.3 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

3.4.1.1 Guía de recolección de datos.

En el presentes trabajo de investigación se usaron guías de recolección de datos que nos permitieron llevar en orden toda nuestra información recolectada en los diferentes ensayos y que realizamos.

Tabla 26 Análisis granulométrico de agregado fino

Tamaño de mallas		CUNYAC			VICHO			LIMITES DE LA NTP 400.037	
pulg.	mm	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3		
3/8"	9.500							100.00%	100.00%
# 4	4.750							95.00%	100.00%
# 8	2.360							80.00%	100.00%
# 16	1.180							50.00%	85.00%
# 30	0.600							25.00%	60.00%
# 50	0.300							10.00%	30.00%
# 100	0.150							2.00%	10.00%
# 200	0.074							0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 27 Análisis granulométrico de agregado grueso

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <h2 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</h2> <h3 style="margin: 0;">Facultad de Ingeniería y Arquitectura</h3> <h4 style="margin: 0;">Escuela Profesional de Ingeniería Civil</h4> <p style="margin: 0;"><i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p> </div>																																																																			
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																																																			
<p>Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y</p> <p>Responsibles: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p>																																																																			
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO																																																																			
Análisis granulométrico NTP 400.037																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7">GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Tamaño de mallas</th> <th rowspan="2">Peso retenido 1 (g.)</th> <th rowspan="2">Peso retenido 2 (g.)</th> <th rowspan="2">Peso retenido 2 (g.)</th> <th colspan="2">LIMITES DE LA NTP 400.037</th> </tr> <tr> <th>pulg.</th> <th>mm</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td>25.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>90.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20.00%</td> <td>55.00%</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>15.00%</td> </tr> <tr> <td># 4</td> <td>4.750</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>5.00%</td> </tr> <tr> <td># 8</td> <td>2.360</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO							Tamaño de mallas		Peso retenido 1 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	LIMITES DE LA NTP 400.037		pulg.	mm			1"	25.000				100.00%	100.00%	3/4"	19.000				90.00%	100.00%	1/2"	12.500				20.00%	55.00%	3/8"	9.500				0.00%	15.00%	# 4	4.750				0.00%	5.00%	# 8	2.360				0.00%	0.00%	TOTAL						
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO																																																																			
Tamaño de mallas		Peso retenido 1 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	LIMITES DE LA NTP 400.037																																																														
pulg.	mm																																																																		
1"	25.000				100.00%	100.00%																																																													
3/4"	19.000				90.00%	100.00%																																																													
1/2"	12.500				20.00%	55.00%																																																													
3/8"	9.500				0.00%	15.00%																																																													
# 4	4.750				0.00%	5.00%																																																													
# 8	2.360				0.00%	0.00%																																																													
TOTAL																																																																			

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 28 Ensayo de gravedad específica y absorción de los agregados finos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i>				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco					
Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"					
Responsible: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios Fecha:					
Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino					
Agregado Fino - (Norma ASTM C-128, NTP 400.022)					
CANTERA CUNYAC					
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3
P (ms)	Peso al aire de la muestra seca en el horno	g			
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	g			
P (f)	Peso de fiola	g			
V (as)	Volumen de agua en el frasco	cm ³			
V (f)	Volumen de fiola	cm ³			
CANTERA VICHO					
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3
P (ms)	Peso al aire de la muestra seca en el horno	g			
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	g			
P (f)	Peso de fiola	g			
V (as)	Volumen de agua en el frasco	cm ³			
V (f)	Volumen de fiola	cm ³			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29 Ensayo de gravedad específica y absorción de los agregados gruesos

 <div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p> </div> 																																				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																				
Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"																																				
Responsibles: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios Fecha:																																				
Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Grueso																																				
Agregado grueso - (Norma ASTM C-127, NTP 400.021)																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">SIMBOLO</th> <th style="width: 45%;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="width: 10%;">UNIDAD</th> <th style="width: 10%;">VALOR 1</th> <th style="width: 10%;">VALOR 2</th> <th style="width: 10%;">VALOR 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P (ms)</td> <td>Peso al aire de la muestra secada en el horno</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P (mss)</td> <td>Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P (mssa)</td> <td>Peso de la muestra saturada sumergida en el agua</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P (ca)</td> <td>Peso de canastilla dentro del agua</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V (f)</td> <td>Volumen de fiola</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	P (ms)	Peso al aire de la muestra secada en el horno	g				P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	g				P (mssa)	Peso de la muestra saturada sumergida en el agua	g				P (ca)	Peso de canastilla dentro del agua	g				V (f)	Volumen de fiola	cm ³			
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3																															
P (ms)	Peso al aire de la muestra secada en el horno	g																																		
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	g																																		
P (mssa)	Peso de la muestra saturada sumergida en el agua	g																																		
P (ca)	Peso de canastilla dentro del agua	g																																		
V (f)	Volumen de fiola	cm ³																																		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30 Peso unitario agregado fino

 <div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p> </div> 																																	
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																	
Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"																																	
Responsibles: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios Fecha:																																	
PESO UNITARIO AGREGADO FINO																																	
Ensayo según la NTP 400.017																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">SÍMBOLO</th> <th rowspan="2" style="width: 45%;">DESCRIPCIÓN</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">UNIDAD</th> <th colspan="3" style="width: 35%;">MUESTRAS</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P (m+a)</td> <td>Peso de molde + agregado suelto</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P (m+ac)</td> <td>Peso de molde + agregado compacto</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vm</td> <td>Volumen del molde</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P (molde)</td> <td>Peso del molde</td> <td style="text-align: center;">g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			1	2	3	P (m+a)	Peso de molde + agregado suelto	g				P (m+ac)	Peso de molde + agregado compacto	g				Vm	Volumen del molde	cm ³				P (molde)	Peso del molde	g			
SÍMBOLO				DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS																											
	1	2	3																														
P (m+a)	Peso de molde + agregado suelto	g																															
P (m+ac)	Peso de molde + agregado compacto	g																															
Vm	Volumen del molde	cm ³																															
P (molde)	Peso del molde	g																															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31 Peso unitario agregado grueso

 <div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p><i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p> </div> 																																	
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																	
<p>Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"</p> <p>Responsable: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p> <p style="text-align: right;">Fecha:</p>																																	
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO																																	
Ensayo según la NTP 400.017																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">SÍMBOLO</th> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th rowspan="2">UNIDAD</th> <th colspan="3">MUESTRAS</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P (m+a)</td> <td>Peso de molde + agregado suelto</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P (m+ac)</td> <td>Peso de molde + agregado compacto</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vm</td> <td>Volumen del molde</td> <td>cm³</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P (molde)</td> <td>Peso del molde</td> <td>g</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			1	2	3	P (m+a)	Peso de molde + agregado suelto	g				P (m+ac)	Peso de molde + agregado compacto	g				Vm	Volumen del molde	cm ³				P (molde)	Peso del molde	g			
SÍMBOLO				DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS																											
	1	2	3																														
P (m+a)	Peso de molde + agregado suelto	g																															
P (m+ac)	Peso de molde + agregado compacto	g																															
Vm	Volumen del molde	cm ³																															
P (molde)	Peso del molde	g																															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32 Contenido de humedad natural del agregado grueso

 <div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p><i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p> </div> 																																										
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																										
<p>Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"</p> <p>Responsable: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p> <p style="text-align: right;">Fecha:</p>																																										
Contenido de Humedad Natural del Agregado Grueso																																										
Ensayo según la NTP 339.185																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SÍMBOLO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>MUESTRA 1</th> <th>MUESTRA 2</th> <th>MUESTRA 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ww</td> <td>Peso del agua</td> <td>g.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ws</td> <td>Peso seco del material</td> <td>g.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W1</td> <td>Peso tara + suelo húmedo</td> <td>g.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W2</td> <td>Peso tara + suelo secado en el horno</td> <td>g.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wt</td> <td>Peso tara</td> <td>g.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>Contenido de humedad</td> <td>(%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	Ww	Peso del agua	g.				Ws	Peso seco del material	g.				W1	Peso tara + suelo húmedo	g.				W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g.				Wt	Peso tara	g.				W	Contenido de humedad	(%)			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3																																					
Ww	Peso del agua	g.																																								
Ws	Peso seco del material	g.																																								
W1	Peso tara + suelo húmedo	g.																																								
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g.																																								
Wt	Peso tara	g.																																								
W	Contenido de humedad	(%)																																								

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 33 Contenido de humedad natural del agregado fino

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p><i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco					
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"				
Responsibles:	Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios	Fecha:			
Contenido de Humedad Natural del Agregado Fino					
Ensayo según la NTP 339.185					
CANTERA CUNYAC					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Ww	Peso del agua	g.			
Ws	Peso seco del material	g.			
W1	Peso tara + suelo húmedo	g.			
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g.			
Wt	Peso tara	g.			
W	Contenido de humedad	(%)			
CANTERA VICHO					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Ww	Peso del agua	g.			
Ws	Peso seco del material	g.			
W1	Peso tara + suelo húmedo	g.			
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g.			
Wt	Peso tara	g.			
W	Contenido de humedad	(%)			

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 34 Determinación del slump

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p><i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p> </div>																																				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																				
Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y																																				
Responsible Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios Fecha:																																				
Determinacion del Slump																																				
Ensayo según la NTP 339.045																																				
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">CONCRETO</th> <th style="width: 20%;">SERIE DE VACIADO</th> <th style="width: 60%;">MEDIDA 1 cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="16" style="text-align: center; vertical-align: middle;">CONCRETO</td><td style="text-align: center;">SERIE A</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE B</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE C</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE D</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE E</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE F</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE G</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE H</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE I</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE J</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE K</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE L</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE M</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE N</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE O</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">SERIE P</td><td></td></tr> </tbody> </table>	CONCRETO	SERIE DE VACIADO	MEDIDA 1 cm	CONCRETO	SERIE A		SERIE B		SERIE C		SERIE D		SERIE E		SERIE F		SERIE G		SERIE H		SERIE I		SERIE J		SERIE K		SERIE L		SERIE M		SERIE N		SERIE O		SERIE P	
CONCRETO	SERIE DE VACIADO	MEDIDA 1 cm																																		
CONCRETO	SERIE A																																			
	SERIE B																																			
	SERIE C																																			
	SERIE D																																			
	SERIE E																																			
	SERIE F																																			
	SERIE G																																			
	SERIE H																																			
	SERIE I																																			
	SERIE J																																			
	SERIE K																																			
	SERIE L																																			
	SERIE M																																			
	SERIE N																																			
	SERIE O																																			
	SERIE P																																			

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 35 Resistencia a la compresión axial

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i>										
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco										
Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"										
Responsable Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios Fecha:/...../.....										
Resistencia a la Compresion Axial										
Ensayo según la NTP 339.034										
DATOS DE BRIQUETAS DE CONCRETO $F'c= 210\text{Kg/Cm}2$ REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 - SERIE "A"										
N° DE BRIQ.	DIÁMETRO INICIAL		Ø prom. 1 (cm)	ALTURA INICIAL		H prom. 1 (cm)	PESO 1 (kg)	SECCION 1 (cm ²)	VOLUMEN 1 (cm ³)	DENSIDAD 1 (kg/cm ³)
	D1	D2		H1	H2					
A1										
A2										
A3										
A4										
A5										
A6										
A7										
A8										
A9										
A10										
A11										
A12										
PROM.										

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 36 Resistencia a la tracción de alambre negro recocido n° 8.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"



Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco

Tesis:

Responsable: Christian Cachi Molina
Ernye Espinoza Rios

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"

Fecha:/...../.....

Resistencia a la Tracción Alambre Recocido N°8

Ensayo según la NTP 341.031

DATOS OBTENIDOS DEL ALAMBRE RECOCIDO N°8 A TRACCION					
N° DE BRIQ.	FUERZA kN	N° DE BRIQ.	FUERZA kN	N° DE BRIQ.	FUERZA kN
A1		B1		C1	
A2		B2		C2	
A3		B3		C3	
A4		B4		C4	
A5		B5		C5	
A6		B6		C6	
A7		B7		C7	
A8		B8		C8	
A9		B9		C9	
A10		B10		C10	
A11		B11		C11	
A12		B12		C12	

Fuente: Elaboración propia.



3.4.2 Instrumentos de ingeniería

- **Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos.**

A. Finos. - Juego de tamices de 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100 y # 200.
A. Gruesos. - Juego de tamices de 1", 3/4", 1/2", 3/8", # 4 y # 8.
Balanza de precisión, brochas, espátulas.
- **Peso específico de agregados finos y gruesos.**

Balanza de capacidad de acuerdo a la muestra y sensible a 0.5 g, picnómetro con capacidad de 500ml, molde cónico metálico, apisonador de metal, bomba de vacíos, horno, cesta metálica especificada.
- **Contenido de humedad.**

Balanza con sensibilidad de 0.01% del peso de la muestra a ensayar, horno con graduación de temperatura de hasta 110 °C como mínimo.
- **Peso unitario de agregados finos y gruesos.**

Balanza sensible al 0.1% del peso de la muestra, varilla de 5/8" de diámetro y aprox. 60 cm de longitud, horno capaz de mantener la temperatura de 110 °C.
- **Determinación del slump.**

Cono de Abrams, varilla de 5/8" de diámetro y aprox. 60 cm de longitud, pala.
- **Ensayo de incremento de temperatura a las briquetas.**

Horno artesanal utilizado para la cocción de ladrillos de arcilla.
- **Ensayo de compresión de briquetas de concreto.**

Máquina para el ensayo de compresión, molde para las briquetas 10x20 cm.
- **Ensayo de tracción de alambre recocido N° 8.**

Equipo de ensayo universal de materiales de 20 Kn, vernier y ganchos de sujeción.

3.5 Procedimientos de recolección de datos

3.5.1 Análisis granulométrico de agregado fino

Muestreo del agregado fino método del cuarteo

a) Equipos utilizados

- Agregado fino (30 kg.)
- Balanza de precisión
- Bandejas
- Brocha
- Escoba
- Espátula
- Pala
- Regla de madera

b) Procedimiento

- Se prepara una superficie plana y limpia de preferencia un piso de cemento o cerámico.
- Se extiende el agregado en forma de torta.
- Se mezcla con la pala haciendo un círculo alrededor del material.
- Con la regla de madera se procede a dividir el material en cuatro partes iguales.
- Luego de tener las cuatro partes visualmente se evalúa que partes contrarias son iguales o similares para poder eliminar las dos partes restantes.
- Se repite el procedimiento un par de veces hasta que dos partes contrarias lleguen a pesar la cantidad que necesitaremos.



Figura 15 Ensayo del cuarteo de agregado fino

Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de granulometría de agregado fino

a) Equipos utilizados

- Balanza
- Brocha
- Horno eléctrico
- Juego de tamices (3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y fondo)
- Recipientes metálicos
- Tamizador mecánico

b) Procedimiento

- Se toma una muestra de agregado fino de aproximadamente 5kg., el cual es obtenido por el método de cuarteo.
- Se verifica que el material no esté sucio o tenga presencia algún material orgánico o inorgánico, en caso no sea así, se lava el agregado fino con la malla #200 hasta eliminar las impurezas.
- Se coloca el juego de tamices en orden (de mayor a menor), luego se vacía el agregado fino en el primer tamiz.



Figura 16 Ensayo de granulometría de agregado fino (juego de tamices colocados de mayor a menor orden)

Fuente: Elaboración propia.

- Se coloca el juego de tamices en el tamizador mecánico y se procede a tamizar, el tiempo de tamizado no debe de exceder de 2.5 minutos.
- Se pesa el material retenido en los diferentes tamices y se procede a procesar los cálculos en gabinete.



Figura 17 Ensayo de granulometría de agregado fino (material retenido en tamices)
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37 Toma de datos análisis granulométrico de agregado fino

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>																																																																																																												
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																																																																																													
<p>Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"</p>																																																																																																													
<p>Responsibles: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p>																																																																																																													
Fecha:																																																																																																													
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO																																																																																																													
Análisis granulométrico NTP 400.037																																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tamaño de mallas</th> <th colspan="3">CUNYAC</th> <th colspan="3">VICHO</th> <th colspan="2">LIMITES DE LA NTP 400.037</th> </tr> <tr> <th>pulg.</th> <th>mm</th> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.500</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>7.90</td> <td>6.70</td> <td>8.75</td> <td>100.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 4</td> <td>4.750</td> <td>0.00</td> <td>0.30</td> <td>0.20</td> <td>54.70</td> <td>52.10</td> <td>54.40</td> <td>95.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 8</td> <td>2.360</td> <td>13.90</td> <td>11.75</td> <td>14.70</td> <td>142.90</td> <td>144.40</td> <td>146.20</td> <td>80.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td># 16</td> <td>1.180</td> <td>18.30</td> <td>17.80</td> <td>19.80</td> <td>128.10</td> <td>127.30</td> <td>129.95</td> <td>50.00%</td> <td>85.00%</td> </tr> <tr> <td># 30</td> <td>0.600</td> <td>65.95</td> <td>64.10</td> <td>61.60</td> <td>84.70</td> <td>86.70</td> <td>84.50</td> <td>25.00%</td> <td>60.00%</td> </tr> <tr> <td># 50</td> <td>0.300</td> <td>262.35</td> <td>254.80</td> <td>263.10</td> <td>45.40</td> <td>42.75</td> <td>43.40</td> <td>10.00%</td> <td>30.00%</td> </tr> <tr> <td># 100</td> <td>0.150</td> <td>96.40</td> <td>106.20</td> <td>98.40</td> <td>23.70</td> <td>24.60</td> <td>22.05</td> <td>2.00%</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td># 200</td> <td>0.074</td> <td>32.85</td> <td>31.40</td> <td>33.30</td> <td>9.75</td> <td>10.80</td> <td>11.10</td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> </tr> </tbody> </table>										Tamaño de mallas		CUNYAC			VICHO			LIMITES DE LA NTP 400.037		pulg.	mm	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3			3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	7.90	6.70	8.75	100.00%	100.00%	# 4	4.750	0.00	0.30	0.20	54.70	52.10	54.40	95.00%	100.00%	# 8	2.360	13.90	11.75	14.70	142.90	144.40	146.20	80.00%	100.00%	# 16	1.180	18.30	17.80	19.80	128.10	127.30	129.95	50.00%	85.00%	# 30	0.600	65.95	64.10	61.60	84.70	86.70	84.50	25.00%	60.00%	# 50	0.300	262.35	254.80	263.10	45.40	42.75	43.40	10.00%	30.00%	# 100	0.150	96.40	106.20	98.40	23.70	24.60	22.05	2.00%	10.00%	# 200	0.074	32.85	31.40	33.30	9.75	10.80	11.10	0.00%	0.00%
Tamaño de mallas		CUNYAC			VICHO			LIMITES DE LA NTP 400.037																																																																																																					
pulg.	mm	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3																																																																																																						
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	7.90	6.70	8.75	100.00%	100.00%																																																																																																				
# 4	4.750	0.00	0.30	0.20	54.70	52.10	54.40	95.00%	100.00%																																																																																																				
# 8	2.360	13.90	11.75	14.70	142.90	144.40	146.20	80.00%	100.00%																																																																																																				
# 16	1.180	18.30	17.80	19.80	128.10	127.30	129.95	50.00%	85.00%																																																																																																				
# 30	0.600	65.95	64.10	61.60	84.70	86.70	84.50	25.00%	60.00%																																																																																																				
# 50	0.300	262.35	254.80	263.10	45.40	42.75	43.40	10.00%	30.00%																																																																																																				
# 100	0.150	96.40	106.20	98.40	23.70	24.60	22.05	2.00%	10.00%																																																																																																				
# 200	0.074	32.85	31.40	33.30	9.75	10.80	11.10	0.00%	0.00%																																																																																																				

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Análisis granulométrico de agregado grueso

Muestreo del agregado grueso método de cuarteo

a) Equipos utilizados

- Agregado grueso (70 kg.)
- Balanza de precisión
- Brocha
- Escoba
- Espátula

- Pala
- Recipientes metálicos
- Regla metálica

b) Procedimiento

- Se prepara una superficie plana y limpia de preferencia un piso de cemento o cerámico.
- Se coloca el agregado con ayuda de la pala, formando una pila cónica, depositando cada paleada una sobre otra.
- Con ayuda de la pala ejercer presión sobre el vértice, se aplanada la pila con cuidado hasta obtener un espesor y un diámetro uniforme.
- Se divide la pila aplanada en 4 partes iguales.



Figura 18 Ensayo de cuarteo de agregado grueso
Fuente: Elaboración propia.

- Se eliminan dos de las partes opuestas y se procede a mezclar el material restante y se cuarteo sucesivamente hasta reducir la muestra al tamaño requerido para las pruebas.

Ensayo de granulometría de agregado grueso**a) Equipos utilizados**

- Balanza de precisión
- Brocha
- Horno eléctrico
- Juego de tamices (1", ¾", ½", 3/8", #4 y fondo)

- Tamizador mecánico
- Recipientes metálicos

b) Procedimiento

- Se toma una muestra de agregado grueso aproximadamente de 5 kg., el cual es obtenido por el método de cuarteo del material disponible.
- Se verifica que el material no este sucio o tenga presencia algún material orgánico o inorgánico, en caso no sea así, se lava el agregado fino con la malla #200 hasta eliminar las impurezas.
- Se coloca el juego de tamices en orden (de mayor a menor), se vacía el agregado grueso en el primer tamiz y luego se procede a tamizar con ayuda del tamizador mecánico, teniendo en cuenta de que este no puede pasar de 2.5 minutos.



Figura 19 Ensayo de granulometría de agregado grueso (tamizado)

Fuente: Elaboración propia

- Se pesa el material retenido en los diferentes tamices.



Figura 20 Ensayo de granulometría de agregado grueso (material retenido en los tamices)
Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Toma de datos análisis granulométrico de agregado grueso

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p><i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p> </div>																																																																			
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																																																			
<p>Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y</p> <p>Responsibles: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p>																																																																			
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO																																																																			
Análisis granulométrico NTP 400.037																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7">GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Tamaño de mallas</th> <th rowspan="2">Peso retenido 1 (g.)</th> <th rowspan="2">Peso retenido 2 (g.)</th> <th rowspan="2">Peso retenido 2 (g.)</th> <th colspan="2">LIMITES DE LA NTP 400.037</th> </tr> <tr> <th>pulg.</th> <th>mm</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1"</td> <td>25.000</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.000</td> <td>153.30</td> <td>151.30</td> <td>177.80</td> <td>90.00%</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.500</td> <td>1053.40</td> <td>1029.60</td> <td>1072.10</td> <td>20.00%</td> <td>55.00%</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.500</td> <td>531.60</td> <td>576.80</td> <td>543.70</td> <td>0.00%</td> <td>15.00%</td> </tr> <tr> <td># 4</td> <td>4.750</td> <td>210.40</td> <td>249.70</td> <td>230.80</td> <td>0.00%</td> <td>5.00%</td> </tr> <tr> <td># 8</td> <td>2.360</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00%</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO							Tamaño de mallas		Peso retenido 1 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	LIMITES DE LA NTP 400.037		pulg.	mm			1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00%	100.00%	3/4"	19.000	153.30	151.30	177.80	90.00%	100.00%	1/2"	12.500	1053.40	1029.60	1072.10	20.00%	55.00%	3/8"	9.500	531.60	576.80	543.70	0.00%	15.00%	# 4	4.750	210.40	249.70	230.80	0.00%	5.00%	# 8	2.360	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	TOTAL						
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO																																																																			
Tamaño de mallas		Peso retenido 1 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	Peso retenido 2 (g.)	LIMITES DE LA NTP 400.037																																																														
pulg.	mm																																																																		
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00%	100.00%																																																													
3/4"	19.000	153.30	151.30	177.80	90.00%	100.00%																																																													
1/2"	12.500	1053.40	1029.60	1072.10	20.00%	55.00%																																																													
3/8"	9.500	531.60	576.80	543.70	0.00%	15.00%																																																													
# 4	4.750	210.40	249.70	230.80	0.00%	5.00%																																																													
# 8	2.360	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%																																																													
TOTAL																																																																			

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Contenido de humedad de agregado fino

a) Equipos utilizados

- Balanza de precisión
- Espátula
- Horno eléctrico
- Recipientes
- Taras

b) Procedimiento

- Primero se consigue la muestra por el método del cuarteo (aproximadamente 500 gr.).
- Se realiza el cuarteo tres veces, teniendo así tres muestras de aproximadamente 500 gr. cada uno.
- Se pesan las taras.
- Se coloca las tres muestras húmedas en las taras ya pesadas para luego pesarlas.
- Las muestras se llevan al horno eléctrico por 16 horas, pasadas las 16 horas se retiran del horno.
- Se pesan las muestras secas.

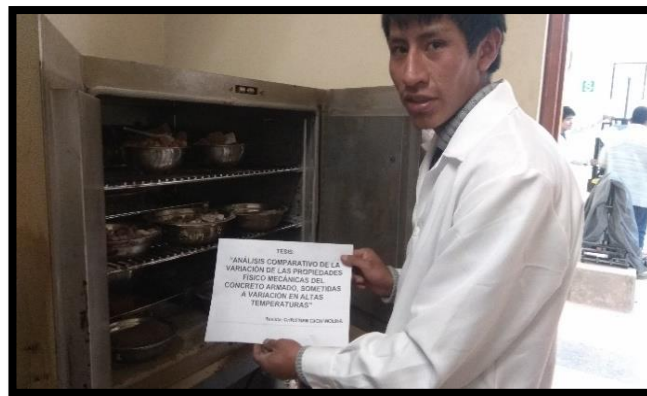


Figura 21 Ensayo de humedad en estado natural
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39 Toma de datos contenido de humedad de agregado fino

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco					
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"				
Responsibles:	Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios	Fecha:			
Contenido de Humedad Natural del Agregado Fino					
Ensayo según la NTP 339.185					
CANTERA CUNYAC					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Ww	Peso del agua	g	18.47	18.40	15.60
Ws	Peso seco del material	g	490.30	494.00	487.70
W1	Peso tara + suelo húmedo	g	594.37	598.10	589.70
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g	576.40	579.70	574.10
Wt	Peso tara	g	86.10	85.70	86.40
W	Contenido de humedad	(%)	3.77%	3.72%	3.20%
CANTERA VICHO					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Ww	Peso del agua	g	75.50	75.40	81.90
Ws	Peso seco del material	g	558.50	572.10	559.10
W1	Peso tara + suelo húmedo	g	719.40	732.50	727.10
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g	643.90	657.10	645.20
Wt	Peso tara	g	85.40	85.00	86.10
W	Contenido de humedad	(%)	13.52%	13.18%	14.65%

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Contenido de humedad de agregado grueso

a) Equipos utilizados

- Balanza de precisión
- Horno eléctrico
- Recipientes metálicos

b) Procedimiento

- Se realiza el método de cuarteo.



Figura 22 Ensayo de humedad (método de cuarteo)

Fuente: Elaboración propia



- Se pesa tres recipientes metálicos de aproximadamente 100 gr., cada uno y se coloca la muestra en los recipientes metálicos y se pesa.
- Se colocan los recipientes con muestra al horno por 16 horas y luego de que se enfríe se pesa.



Figura 23 Ensayo de humedad (recipientes secando en el horno)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Toma de datos contenido de humedad de agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i>																																													
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																														
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"																																													
Responsible: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios	Fecha:																																													
Contenido de Humedad Natural del Agregado Grueso																																														
Ensayo según la NTP 339.185																																														
<table border="1"><thead><tr><th>SÍMBOLO</th><th>DESCRIPCIÓN</th><th>UNIDAD</th><th>MUESTRA 1</th><th>MUESTRA 2</th><th>MUESTRA 3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Ww</td><td>Peso del agua</td><td>g.</td><td>23.27</td><td>24.09</td><td>27.88</td></tr><tr><td>Ws</td><td>Peso seco del material</td><td>g.</td><td>987.15</td><td>978.30</td><td>966.50</td></tr><tr><td>W1</td><td>Peso tara + suelo húmedo</td><td>g.</td><td>1095.98</td><td>1087.75</td><td>1079.53</td></tr><tr><td>W2</td><td>Peso tara + suelo secado en el horno</td><td>g.</td><td>1072.71</td><td>1063.66</td><td>1051.65</td></tr><tr><td>Wt</td><td>Peso tara</td><td>g.</td><td>85.56</td><td>85.36</td><td>85.15</td></tr><tr><td>W</td><td>Contenido de humedad</td><td>(%)</td><td>2.36%</td><td>2.46%</td><td>2.88%</td></tr></tbody></table>	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	Ww	Peso del agua	g.	23.27	24.09	27.88	Ws	Peso seco del material	g.	987.15	978.30	966.50	W1	Peso tara + suelo húmedo	g.	1095.98	1087.75	1079.53	W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g.	1072.71	1063.66	1051.65	Wt	Peso tara	g.	85.56	85.36	85.15	W	Contenido de humedad	(%)	2.36%	2.46%	2.88%				
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3																																									
Ww	Peso del agua	g.	23.27	24.09	27.88																																									
Ws	Peso seco del material	g.	987.15	978.30	966.50																																									
W1	Peso tara + suelo húmedo	g.	1095.98	1087.75	1079.53																																									
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	g.	1072.71	1063.66	1051.65																																									
Wt	Peso tara	g.	85.56	85.36	85.15																																									
W	Contenido de humedad	(%)	2.36%	2.46%	2.88%																																									

Fuente: Elaboración propia

3.5.5 Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino

a) Equipos utilizados

- Balanza de precisión
- Bomba de vacíos
- Brocha
- Cono de absorción y pisón
- Fiola
- Horno eléctrico
- Juego de tamices (#4 y fondo)
- Picnómetro
- Recipientes metálicos
- Secadora
- Tamizador mecánico

b) Procedimiento

- Se realiza el método de cuarteo por tres veces.
- Se seca el agregado fino en el horno eléctrico por 24 horas, luego se enfría a temperatura ambiente de 1 a 3 horas y se procede a pesar el agregado.

- Se satura el agregado fino llenando un recipiente con agua que cubra en su totalidad el agregado por 24 horas.
- Pasadas las 24 horas se retira el agregado del agua.
- Colocar el agregado sobre una franela y secarlo superficialmente.
- Una vez secado el agregado, se realiza el ensayo del cono de absorción, donde se introduce el agregado en el molde cónico, luego se apisona 25 veces, dejando caer el pistón desde una altura aproximada de 1 cm., todo esto para corroborar si el material se encuentra saturado superficialmente seco.



Figura 24 Ensayo de peso específico y absorción (ensayo de cono de absorción)
Fuente: Elaboración propia.

- Posteriormente se nivela, y si al quitar el cono en forma vertical la muestra se deja caer, es porque ha alcanzado la condición requerida y no existe humedad libre, de lo contrario se sigue secando y se repite el proceso hasta que se cumpla con la condición.
- Luego de haber obtenido la condición superficialmente seca procedemos a pesar 500gr gramos del agregado y lo echamos a la fiola.
- Pesamos la fiola con el agregado dentro.
- Luego de haber echado los 500 gr., de agregado fino en la fiola le agregamos agua hasta una determinada altura.



Figura 25 Ensayo de peso específico y absorción (agregado de agua, luego de haber echado 500 g, de agregado fino a la fiola)
Fuente: Elaboración propia.



- Con la bomba de absorción de vacíos sacamos el aire que queda entre los vacíos que generan los agregados, es decir, sacar todas las burbujas de aire.



Figura 26 Ensayo de peso específico y absorción (absorción de vacíos)
Fuente: Elaboración propia.

- Luego de haber sacado todas las burbujas de aire, se le agrega agua hasta los 500ml.
- Se procede a cuantificar el peso de la fiola (con la muestra y el agua mezcladas) en la balanza anotando su respectivo valor.
- Con el material de la fiola procederemos a obtener el porcentaje de absorción.
- Para sacar la muestra hay una manera o un artificio el cual consiste en sacar primero la arena luego el agua, y así poder sacar fácilmente. Y envasar esta muestra en un recipiente.
- Después de esto llevar la muestra al horno por espacio de 24 horas.
- Para terminar, se lleva la muestra de agregado fino a una balanza y se pesa.

Tabla 41 Toma de datos peso específico y absorción de agregado fino

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco					
<p>Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"</p>					
<p>Responsible: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p>					
Fecha:					
Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino					
Agregado Fino - (Norma ASTM C-128, NTP 400.022)					
CANTERA CUNYAC					
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3
P (ms)	Peso al aire de la muestra seca en el horno	g	491.85	490.00	490.85
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	g	500.00	500.00	500.00
P (f)	Peso de fiola	g	215.50	215.50	215.50
V (as)	Volumen de agua en el frasco	cm ³	306.20	302.80	304.80
V (f)	Volumen de fiola	cm ³	500.00	500.00	500.00
CANTERA VICHO					
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3
P (ms)	Peso al aire de la muestra seca en el horno	g	480.50	484.20	481.60
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	g	500.00	500.00	500.00
P (f)	Peso de fiola	g	215.50	215.50	215.50
V (as)	Volumen de agua en el frasco	cm ³	297.95	293.62	298.83
V (f)	Volumen de fiola	cm ³	500.00	500.00	500.00

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6 Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso

a) Equipos utilizados

- Balanza de precisión
- Horno eléctrico
- Recipientes metálicos

b) Procedimiento

- Se elige una muestra de agregado grueso de más de 5 kg., se lava y se lleva al horno eléctrico por 24 horas y luego se deja enfriar a temperatura ambiente por 3 horas.
- Se satura el agregado grueso llenando un recipiente con agua que cubra en su totalidad al agregado por 24 horas.



Figura 27 Ensayo de peso específico y absorción (saturación del agregado grueso)
Fuente: Elaboración propia.

- Se extrae el agua, se coloca el material sobre una franela y se seca hasta que desaparezca la película de agua visible obteniendo así una superficie superficialmente seca.



Figura 28 Ensayo de peso específico y absorción (secado superficial de agregado grueso)
Fuente: Elaboración propia.

- Se pesa la muestra (pesado en el aire) y se introduce a la canastilla enmallada, se realiza esta operación removiendo y sacudiendo levemente las piedras, evitando las burbujas de aire.
- Se lleva el resto del material superficialmente seco al horno por 24 horas.

Tabla 42 Toma de datos peso específico y absorción de agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i>				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco					
Tesis:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"				
Responsible: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios	Fecha:				
Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Grueso					
Agregado grueso - (Norma ASTM C-127, NTP 400.021)					
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3
P (ms)	Peso al aire de la muestra secada en el horno	g	3978.01	3992.64	3961.03
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	g	4030.61	4044.74	4017.28
P (mssa)	Peso de la muestra saturada sumergida en el agua	g	2421.09	2433.56	2396.57
P (ca)	Peso de canastilla dentro del agua	g	16.55	16.55	16.55
V (f)	Volumen de fiola	cm ³	500.00	500.00	500.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.7 Ensayo de peso unitario suelto y compactado

a) Equipos utilizados

- Balanza de precisión
- Barra compactadora (diámetro de 5/8" x 0.50 m.)
- Briquetera
- Brocha
- Cucharon de metal
- Horno eléctrico
- Recipientes metálicos

b) Procedimiento

▪ Procedimiento de peso unitario suelto

- Se selecciona material suficiente para el ensayo y se lleva al horno por 24 horas.

- Se determina el peso y volumen del molde.

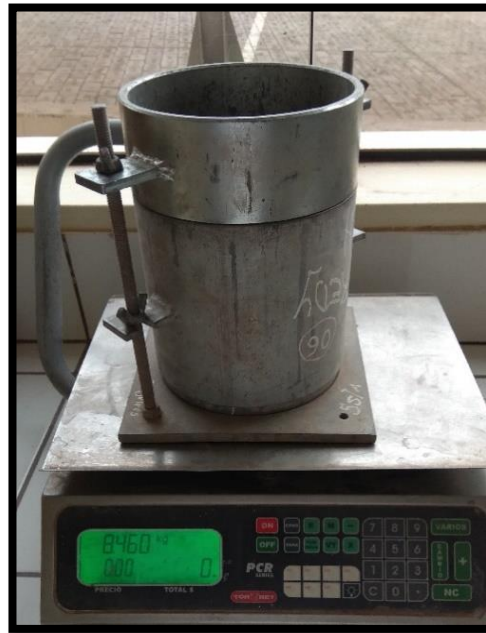


Figura 29 Ensayo de peso unitario suelto (pesado de briquetera)

Fuente: Elaboración propia

- Se vierte el material en el molde, con ayuda de una cucharón metálico, al colocar el material en el molde se tiene que cuidar que este tenga una caída de 5 cm., desde el borde superior del molde, se vierte el agregado hasta que este enrasado con el borde del molde y con ayuda de la varilla metálica se enrasa.
- Se pesa el molde con el material.



Figura 30 Ensayo de peso unitario suelto (peso de briquetera con material)

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de peso unitario compactado

- Se selecciona material suficiente para el ensayo y se lleva al horno por 24 horas.
- Se determina el peso y volumen del molde.
- Se vierte el agregado grueso en el molde con ayuda de un cucharon metálico en tres partes, luego de terminar con cada parte se da 25 golpes con la varilla para compactar el agregado, todo esto sin que la varilla toque el fondo del molde.

Figura 31 Ensayo de peso unitario compactado (25 golpes con varilla para compactar el agregado)



Fuente: Elaboración propia

- Por último, se enrasa el borde del molde con el material y con ayuda de la varilla y se pesa el molde más el material.

Tabla 43 Toma de datos peso unitario de agregado grueso

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco					
<p>Tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, REFORZADO CON ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN DE TEMPERATURA A 800°C, 900°C Y 1000°C"</p>					
<p>Responsible: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Ríos</p>					
Fecha:					
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO					
Ensayo según la NTP 400.017					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3
P (m+a)	Peso de molde + agregado suelto	g	12215.71	12248.62	12240.28
P (m+ac)	Peso de molde + agregado compacto	g	12363.58	12383.65	12394.46
Vm	Volumen del molde	cm^3	2964.11	2964.10	2963.85
P (molde)	Peso del molde	g	7505.60	7506.50	7506.90

Fuente: Elaboración propia

3.5.8 Ensayo de resistencia a la compresión

a) Equipos utilizados

- Balanza de precisión
- Cinta métrica
- Equipo de compresión axial
- Kit de EPP (Equipo de Protección Personal) (01)
- Vernier

b) Equipo de compresión axial

- Se retira las probetas cilíndricas (briquetas) de la cámara de curado y se transporta al lugar de ensayo, el tiempo de transporte no debe de superar las 4 horas.



Figura 32 Ensayo de resistencia a la compresión (transporte de briquetas al lugar de ensayo)

Fuente: Elaboración propia

- En el lugar de ensayo se procede a tomar sus dimensiones de diámetro en la parte inferior como en la parte superior, se toman dos mediciones por extremo y en diferentes sentidos, así mismo tomamos la altura de la probeta cilíndrica.

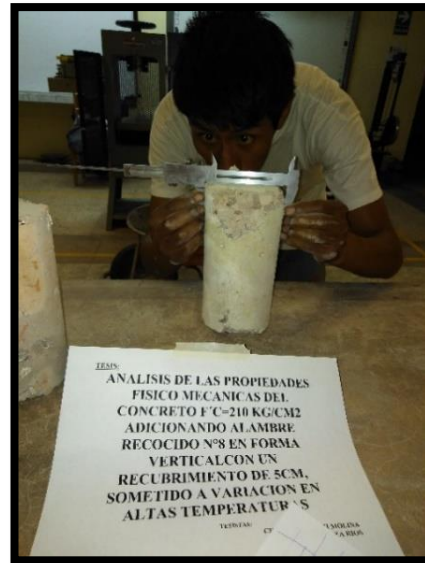


Figura 33 Ensayo de resistencia a la compresión (toma de medidas de probeta cilíndrica)
Fuente: Elaboración propia

- Se procede a pesar cada probeta cilíndrica.
- Una vez ya medidos y pesados, se procede a verificar que el equipo de compresión axial este calibrado, si no es así se calibra.
- Se colocan los cabezales metálicos a cada extremo de la probeta cilíndrica, verificando que los cabezales tengan en su interior una capa de neopreno, esto es para tener un área uniforme de carga en las superficies de contacto de la probeta cilíndrica, ya que podría presentar irregularidades en su textura que podrían variar los resultados.

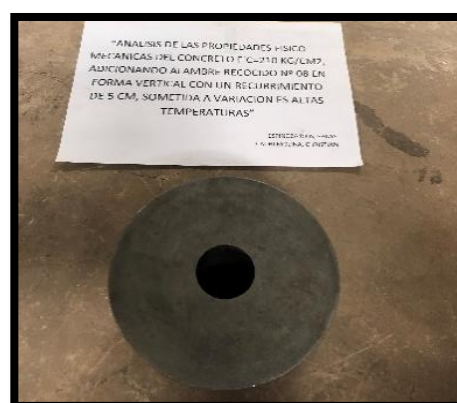


Figura 34 Ensayo de resistencia a la compresión (cabezal metálico con capa de neopreno en el interior)

Fuente: Elaboración propia

- Se coloca la probeta cilíndrica con sus cabezales dentro del equipo de compresión, se alinea con el eje de la base y cabeza del respectivo equipo de compresión donde la carga va a ser aplicada.

- El equipo de compresión cuenta con 02 velocidades, la primera es una velocidad rápida, esto con el fin de alinear mejor la probeta, y la segunda velocidad es una velocidad lenta de rotura.



Figura 35 Falla de briqueta de concreto durante el ensayo de resistencia a la compresión
Fuente: Elaboración propia

- Se realiza el ensayo, el cual consiste en que el equipo de compresión aplicada una carga a la probeta cilíndrica, una vez que la probeta cilíndrica falle, el quipo nos dará los resultados (carga máxima).

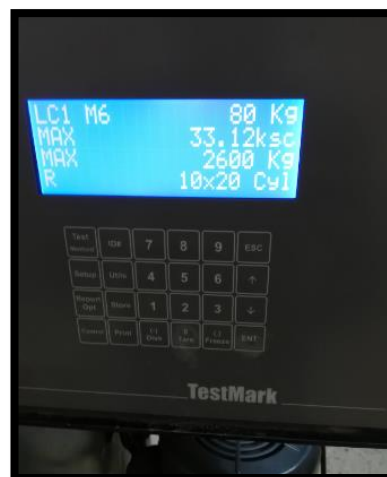


Figura 36 Tablero de resultados después de realizar el ensayo de compresión
Fuente: Elaboración propia



1. Recolección de datos de briquetas antes de someter a altas temperaturas.

Tabla 44 Toma de datos de briquetas serie "A"

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "A"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1 (cm)	Altura inicial		H prom. 1 (cm)	Peso 1 (g)	Sección 1 (cm ²)	Volumen 1 (cm ³)	Densidad 1 (g/cm ³)	Desviación estándar σ
	D1	D2		H1	H2						
A1	10.05	10.00	10.03	20.15	20.00	20.08	3820.00	78.93	1584.58	2.41	0.01
A2	9.85	10.10	9.98	19.95	20.26	20.11	3840.00	78.15	1571.16	2.44	
A3	10.45	10.20	10.33	20.15	21.30	20.73	4250.00	83.73	1735.26	2.45	
A4	10.35	9.85	10.10	20.10	19.95	20.03	3940.00	80.12	1604.37	2.46	
A5	10.15	10.43	10.29	20.15	19.90	20.03	4090.00	83.16	1665.30	2.46	
A6	9.90	10.10	10.00	19.90	20.15	20.03	3860.00	78.54	1572.76	2.45	
A7	10.00	10.20	10.10	19.83	20.10	19.97	3920.00	80.12	1599.57	2.45	
A8	9.85	10.00	9.93	20.40	20.15	20.28	3850.00	77.37	1568.60	2.45	
A9	10.04	10.45	10.25	20.10	20.47	20.29	4100.00	82.44	1672.20	2.45	
A10	9.80	9.95	9.88	21.72	21.45	21.59	4040.00	76.59	1653.16	2.44	
A11	10.00	10.35	10.18	19.85	20.10	19.98	3950.00	81.31	1624.22	2.43	
A12	10.00	9.90	9.95	20.35	20.55	20.45	3900.00	77.76	1590.12	2.45	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 45 Toma de datos de briquetas serie "B"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "B"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
B1	9.95	10.05	10.00	20.55	20.30	20.43	3880.00	78.54	1604.18	2.42	0.01
B2	10.15	10.00	10.08	20.10	20.20	20.15	3900.00	79.72	1606.40	2.43	
B3	9.85	10.00	9.93	20.00	20.10	20.05	3750.00	77.37	1551.19	2.42	
B4	9.70	9.90	9.80	19.95	19.80	19.88	3650.00	75.43	1499.16	2.43	
B5	10.70	10.55	10.63	20.00	19.90	19.95	4300.00	88.66	1768.85	2.43	
B6	9.90	10.10	10.00	19.90	20.10	20.00	3840.00	78.54	1570.80	2.44	
B7	10.00	10.20	10.10	20.58	20.15	20.37	3950.00	80.12	1631.61	2.42	
B8	9.95	10.15	10.05	20.42	20.50	20.46	3950.00	79.33	1623.03	2.43	
B9	10.35	10.68	10.52	20.10	20.00	20.05	4220.00	86.84	1741.10	2.42	
B10	10.40	10.59	10.50	19.45	19.30	19.38	4080.00	86.51	1676.09	2.43	
B11	10.00	10.12	10.06	19.70	19.90	19.80	3860.00	79.49	1573.81	2.45	
B12	9.80	9.90	9.85	20.25	20.03	20.14	3700.00	76.20	1534.69	2.41	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 46 Toma de datos de briquetas serie "C"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "C"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1 (cm)	Altura inicial		H prom. 1 (cm)	Peso 1 (g)	Sección 1 (cm ²)	Volumen 1 (cm ³)	Densidad 1 (g/cm ³)	Desviación estándar σ
	D1	D2		H1	H2						
C1	10.20	10.25	10.23	20.15	20.00	20.08	3950.00	82.11	1648.44	2.40	0.01
C2	9.85	9.70	9.78	20.10	20.26	20.18	3650.00	75.05	1514.41	2.41	
C3	10.45	10.35	10.40	20.00	20.25	20.13	4150.00	84.95	1709.59	2.43	
C4	9.70	9.90	9.80	19.84	20.05	19.95	3650.00	75.43	1504.44	2.43	
C5	10.00	10.16	10.08	20.25	20.00	20.13	3850.00	79.80	1606.00	2.40	
C6	9.90	10.10	10.00	19.95	20.10	20.03	3750.00	78.54	1572.76	2.38	
C7	10.12	10.28	10.20	20.00	20.15	20.08	3950.00	81.71	1640.38	2.41	
C8	9.90	10.00	9.95	20.25	20.00	20.13	3770.00	77.76	1564.85	2.41	
C9	10.30	10.15	10.23	19.95	20.16	20.06	3970.00	82.11	1646.79	2.41	
C10	9.90	10.10	10.00	20.00	20.06	20.03	3790.00	78.54	1573.15	2.41	
C11	10.35	10.00	10.18	19.70	19.95	19.83	3850.00	81.31	1612.03	2.39	
C12	10.35	10.15	10.25	20.10	19.95	20.03	3990.00	82.52	1652.38	2.41	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 47 Toma de datos de briquetas serie “D”

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "D"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
D1	9.80	9.96	9.88	20.12	19.85	19.99	3720.00	76.67	1532.17	2.43	0.00
D2	9.90	10.05	9.98	20.10	20.26	20.18	3820.00	78.15	1577.02	2.42	
D3	10.00	10.10	10.05	20.00	20.15	20.08	3850.00	79.33	1592.49	2.42	
D4	10.15	9.95	10.05	20.10	20.00	20.05	3860.00	79.33	1590.51	2.43	
D5	9.96	10.13	10.05	20.15	19.90	20.03	3840.00	79.25	1586.95	2.42	
D6	10.16	10.08	10.12	19.90	20.26	20.08	3920.00	80.44	1615.16	2.43	
D7	10.00	10.20	10.10	20.00	20.10	20.05	3900.00	80.12	1606.38	2.43	
D8	10.20	10.00	10.10	20.45	20.26	20.36	3960.00	80.12	1630.81	2.43	
D9	9.98	10.09	10.04	20.10	20.05	20.08	3850.00	79.09	1587.74	2.42	
D10	10.10	9.90	10.00	19.90	20.16	20.03	3820.00	78.54	1573.15	2.43	
D11	9.94	10.03	9.99	19.70	19.90	19.80	3750.00	78.30	1550.43	2.42	
D12	10.00	9.93	9.97	20.35	20.15	20.25	3820.00	77.99	1579.32	2.42	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 48 Toma de datos de briquetas serie “E”

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "E"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1 (cm)	Altura inicial		H prom. 1 (cm)	Peso 1 (g)	Sección 1 (cm ²)	Volumen 1 (cm ³)	Densidad 1 (g/cm ³)	Desviación estándar σ
	D1	D2		H1	H2						
E1	10.50	10.38	10.44	19.95	20.15	20.05	4130.00	85.60	1716.35	2.41	0.01
E2	10.16	9.98	10.07	20.25	20.05	20.15	3850.00	79.64	1604.81	2.40	
E3	10.29	10.15	10.22	19.90	20.05	19.98	3950.00	82.03	1638.62	2.41	
E4	10.52	10.40	10.46	19.85	20.00	19.93	4130.00	85.93	1712.19	2.41	
E5	10.36	10.40	10.38	20.10	19.90	20.00	4060.00	84.62	1692.45	2.40	
E6	9.90	10.10	10.00	19.90	20.10	20.00	3780.00	78.54	1570.80	2.41	
E7	10.40	10.20	10.30	19.90	20.10	20.00	4020.00	83.32	1666.46	2.41	
E8	10.15	10.36	10.26	20.40	20.20	20.30	4040.00	82.60	1676.71	2.41	
E9	10.40	10.10	10.25	20.18	20.00	20.09	4000.00	82.52	1657.74	2.41	
E10	10.50	10.35	10.43	20.00	19.85	19.93	4080.00	85.36	1700.75	2.40	
E11	10.40	10.45	10.43	19.90	19.80	19.85	4060.00	85.36	1694.35	2.40	
E12	10.42	10.53	10.48	20.04	20.21	20.13	4150.00	86.18	1734.34	2.39	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 49 Toma de datos de briquetas serie "F"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "F"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
F1	10.13	10.00	10.07	20.30	20.12	20.21	3850.00	79.56	1607.99	2.39	0.01
F2	10.25	10.00	10.13	20.10	20.35	20.23	3920.00	80.52	1628.43	2.41	
F3	10.30	10.10	10.20	20.00	20.15	20.08	3950.00	81.71	1640.38	2.41	
F4	9.90	9.85	9.88	19.90	20.10	20.00	3680.00	76.59	1531.77	2.40	
F5	10.00	9.90	9.95	20.00	19.90	19.95	3750.00	77.76	1551.24	2.42	
F6	10.12	10.26	10.19	20.15	20.25	20.20	3930.00	81.55	1647.36	2.39	
F7	10.00	10.20	10.10	19.75	19.99	19.87	3810.00	80.12	1591.95	2.39	
F8	9.90	10.06	9.98	20.00	20.18	20.09	3750.00	78.23	1571.56	2.39	
F9	10.10	9.95	10.03	20.12	20.00	20.06	3830.00	78.93	1583.40	2.42	
F10	9.98	10.06	10.02	19.85	20.10	19.98	3780.00	78.85	1575.11	2.40	
F11	10.00	10.05	10.03	19.70	19.90	19.80	3750.00	78.93	1562.87	2.40	
F12	10.15	9.90	10.03	20.14	19.98	20.06	3800.00	78.93	1583.40	2.40	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 50 Toma de datos de briquetas serie "G"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "G"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1 (cm)	Altura inicial		H prom. 1 (cm)	Peso 1 (g)	Sección 1 (cm ²)	Volumen 1 (cm ³)	Densidad 1 (g/cm ³)	Desviación estándar σ
	D1	D2		H1	H2						
G1	10.50	10.32	10.41	20.10	20.18	20.14	4080.00	85.11	1714.16	2.38	0.01
G2	10.45	10.30	10.38	20.05	19.85	19.95	4030.00	84.54	1686.59	2.39	
G3	10.25	10.35	10.30	20.25	20.05	20.15	4000.00	83.32	1678.96	2.38	
G4	10.15	10.45	10.30	20.18	20.00	20.09	3950.00	83.32	1673.96	2.36	
G5	10.00	10.10	10.05	20.35	20.10	20.23	3810.00	79.33	1604.39	2.37	
G6	10.25	10.45	10.35	20.45	20.25	20.35	4080.00	84.13	1712.12	2.38	
G7	10.26	10.40	10.33	20.20	20.10	20.15	4030.00	83.81	1688.75	2.39	
G8	10.10	10.36	10.23	20.38	20.16	20.27	3980.00	82.19	1666.08	2.39	
G9	10.15	10.02	10.09	20.10	19.85	19.98	3800.00	79.88	1595.62	2.38	
G10	9.90	10.00	9.95	19.85	20.00	19.93	3700.00	77.76	1549.30	2.39	
G11	9.85	10.00	9.93	19.98	19.85	19.92	3680.00	77.37	1540.75	2.39	
G12	10.12	9.95	10.04	20.15	19.95	20.05	3770.00	79.09	1585.77	2.38	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 51 Toma de datos de briquetas serie “H”

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "H"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
H1	9.80	9.95	9.88	20.45	20.30	20.38	3720.00	76.59	1560.49	2.38	0.01
H2	10.00	10.12	10.06	20.18	20.25	20.22	3850.00	79.49	1606.79	2.40	
H3	9.90	10.10	10.00	20.05	20.20	20.13	3750.00	78.54	1580.61	2.37	
H4	9.70	9.90	9.80	20.05	20.24	20.15	3620.00	75.43	1519.53	2.38	
H5	10.16	10.04	10.10	20.00	19.90	19.95	3800.00	80.12	1598.36	2.38	
H6	9.90	10.15	10.03	19.86	20.13	20.00	3750.00	78.93	1578.27	2.38	
H7	10.02	10.25	10.14	19.85	20.08	19.97	3850.00	80.67	1610.67	2.39	
H8	10.15	10.00	10.08	20.35	20.45	20.40	3840.00	79.72	1626.34	2.36	
H9	10.23	9.98	10.11	20.10	19.90	20.00	3850.00	80.20	1603.96	2.40	
H10	10.00	10.15	10.08	20.05	19.80	19.93	3800.00	79.72	1588.47	2.39	
H11	9.85	9.90	9.88	19.70	19.90	19.80	3600.00	76.59	1516.45	2.37	
H12	10.25	9.85	10.05	19.95	19.70	19.83	3750.00	79.33	1572.66	2.38	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 52 Toma de datos de briquetas serie "I"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "I"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
I1	9.80	9.65	9.73	20.50	20.38	20.44	3580.00	74.28	1518.27	2.36	0.01
I2	9.95	10.20	10.08	20.48	20.58	20.53	3850.00	79.72	1636.70	2.35	
I3	9.95	10.10	10.03	20.20	20.38	20.29	3750.00	78.93	1601.55	2.34	
I4	10.00	10.15	10.08	20.15	20.05	20.10	3800.00	79.72	1602.42	2.37	
I5	9.85	10.05	9.95	20.06	20.25	20.16	3700.00	77.76	1567.18	2.36	
I6	9.98	10.12	10.05	19.80	20.00	19.90	3740.00	79.33	1578.61	2.37	
I7	10.04	10.22	10.13	19.75	20.05	19.90	3790.00	80.60	1603.84	2.36	
I8	9.85	10.05	9.95	19.70	20.10	19.90	3640.00	77.76	1547.35	2.35	
I9	9.98	10.28	10.13	20.05	19.95	20.00	3840.00	80.60	1611.90	2.38	
I10	10.05	10.20	10.13	20.12	20.39	20.26	3850.00	80.52	1630.84	2.36	
I11	10.25	10.00	10.13	19.85	20.00	19.93	3800.00	80.52	1604.27	2.37	
I12	10.14	9.98	10.06	19.95	20.15	20.05	3750.00	79.49	1593.68	2.35	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 53 Toma de datos de briquetas serie "J"

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "J"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
J1	10.00	10.20	10.10	20.40	20.52	20.46	3850.00	80.12	1639.22	2.35	0.01
J2	10.15	10.25	10.20	20.20	20.10	20.15	3880.00	81.71	1646.51	2.36	
J3	9.95	10.20	10.08	20.30	20.45	20.38	3820.00	79.72	1624.34	2.35	
J4	9.80	9.70	9.75	20.10	20.15	20.13	3530.00	74.66	1502.57	2.35	
J5	10.00	9.80	9.90	20.25	20.35	20.30	3700.00	76.98	1562.63	2.37	
J6	9.90	10.05	9.98	20.45	20.50	20.48	3740.00	78.15	1600.07	2.34	
J7	10.05	10.18	10.12	20.10	19.95	20.03	3750.00	80.36	1609.14	2.33	
J8	9.95	10.08	10.02	20.35	20.20	20.28	3770.00	78.78	1597.18	2.36	
J9	10.10	10.08	10.09	20.18	20.04	20.11	3790.00	79.96	1607.99	2.36	
J10	9.85	10.00	9.93	20.06	20.18	20.12	3670.00	77.37	1556.61	2.36	
J11	10.05	9.85	9.95	20.30	20.45	20.38	3720.00	77.76	1584.29	2.35	
J12	9.80	10.00	9.90	20.10	20.40	20.25	3650.00	76.98	1558.78	2.34	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 54 Toma de datos de briquetas serie “K”

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "K"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
K1	10.00	9.80	9.90	19.70	19.95	19.83	3580.00	76.98	1526.07	2.35	0.01
K2	9.90	9.75	9.83	20.00	20.05	20.03	3540.00	75.81	1518.19	2.33	
K3	9.87	10.12	10.00	19.80	19.90	19.85	3650.00	78.46	1557.46	2.34	
K4	9.80	10.10	9.95	20.05	20.20	20.13	3650.00	77.76	1564.85	2.33	
K5	9.95	10.05	10.00	19.80	19.90	19.85	3660.00	78.54	1559.02	2.35	
K6	10.12	10.28	10.20	20.00	20.15	20.08	3830.00	81.71	1640.38	2.33	
K7	10.05	10.17	10.11	20.05	20.00	20.03	3760.00	80.28	1607.55	2.34	
K8	10.08	10.24	10.16	20.35	20.50	20.43	3880.00	81.07	1655.92	2.34	
K9	10.00	9.80	9.90	20.06	20.29	20.18	3640.00	76.98	1553.01	2.34	
K10	9.90	9.85	9.88	20.31	20.48	20.40	3650.00	76.59	1562.02	2.34	
K11	10.00	10.20	10.10	19.80	19.70	19.75	3700.00	80.12	1582.34	2.34	
K12	10.15	10.25	10.20	19.70	19.85	19.78	3750.00	81.71	1615.87	2.32	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 55 Toma de datos de briquetas serie "L"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "L"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
L1	9.75	10.00	9.88	19.67	19.80	19.74	3550.00	76.59	1511.48	2.35	0.01
L2	10.00	10.08	10.04	20.10	20.01	20.06	3720.00	79.17	1587.74	2.34	
L3	10.15	10.28	10.22	19.80	19.72	19.76	3810.00	81.95	1619.40	2.35	
L4	9.80	9.75	9.78	19.75	19.85	19.80	3500.00	75.05	1485.90	2.36	
L5	10.02	10.17	10.10	20.05	20.15	20.10	3780.00	80.04	1608.79	2.35	
L6	9.86	9.68	9.77	19.75	19.90	19.83	3490.00	74.97	1486.25	2.35	
L7	10.00	10.05	10.03	20.00	20.15	20.08	3720.00	78.93	1584.58	2.35	
L8	10.00	9.80	9.90	20.10	20.00	20.05	3650.00	76.98	1543.39	2.36	
L9	9.70	9.85	9.78	20.00	19.85	19.93	3520.00	75.05	1495.28	2.35	
L10	10.10	10.25	10.18	19.75	19.96	19.86	3800.00	81.31	1614.46	2.35	
L11	9.80	9.70	9.75	20.05	20.17	20.11	3550.00	74.66	1501.45	2.36	
L12	9.85	10.00	9.93	20.25	20.07	20.16	3620.00	77.37	1559.70	2.32	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 56 Toma de datos de briquetas serie "M"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "M"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
M1	10.15	10.00	10.08	19.90	20.10	20.00	3650.00	79.72	1594.45	2.29	0.01
M2	10.00	10.20	10.10	20.05	20.01	20.03	3680.00	80.12	1604.77	2.29	
M3	10.15	10.28	10.22	19.80	20.00	19.90	3790.00	81.95	1630.87	2.32	
M4	9.80	9.90	9.85	20.05	19.85	19.95	3520.00	76.20	1520.22	2.32	
M5	10.02	10.17	10.10	20.05	20.15	20.10	3680.00	80.04	1608.79	2.29	
M6	9.75	9.68	9.72	19.75	19.90	19.83	3360.00	74.13	1469.56	2.29	
M7	10.00	10.05	10.03	20.00	20.15	20.08	3650.00	78.93	1584.58	2.30	
M8	10.50	9.80	10.15	20.10	20.00	20.05	3750.00	80.91	1622.32	2.31	
M9	9.70	9.85	9.78	20.00	19.95	19.98	3450.00	75.05	1499.03	2.30	
M10	10.10	10.15	10.13	19.75	19.96	19.86	3650.00	80.52	1598.64	2.28	
M11	9.80	9.70	9.75	20.10	20.17	20.14	3450.00	74.66	1503.32	2.29	
M12	9.85	10.00	9.93	20.25	20.07	20.16	3600.00	77.37	1559.70	2.31	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 57 Toma de datos de briquetas serie "N"

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "N"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
N1	10.05	9.95	10.00	19.67	19.80	19.74	3450.00	78.54	1549.98	2.23	0.01
N2	10.50	10.08	10.29	20.10	20.50	20.30	3750.00	83.16	1688.17	2.22	
N3	10.15	10.50	10.33	19.80	19.72	19.76	3650.00	83.73	1654.46	2.21	
N4	9.80	9.75	9.78	19.75	19.85	19.80	3320.00	75.05	1485.90	2.23	
N5	10.02	10.17	10.10	20.05	20.10	20.08	3580.00	80.04	1606.79	2.23	
N6	9.86	9.90	9.88	19.75	19.90	19.83	3320.00	76.67	1519.91	2.18	
N7	10.00	10.05	10.03	20.00	19.95	19.98	3480.00	78.93	1576.69	2.21	
N8	10.25	9.80	10.03	20.10	20.00	20.05	3500.00	78.93	1582.61	2.21	
N9	9.95	9.85	9.90	20.00	20.15	20.08	3420.00	76.98	1545.31	2.21	
N10	10.10	10.25	10.18	20.15	19.96	20.06	3650.00	81.31	1630.73	2.24	
N11	9.80	9.70	9.75	20.05	20.17	20.11	3350.00	74.66	1501.45	2.23	
N12	9.95	10.00	9.98	20.25	20.07	20.16	3500.00	78.15	1575.46	2.22	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 58 Toma de datos de briquetas serie "O"

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "O"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar σ
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	
O1	10.00	9.75	9.88	20.00	19.85	19.93	3350.00	76.59	1526.03	2.20	0.03
O2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O4	9.80	9.75	9.78	20.00	19.85	19.93	3300.00	75.05	1495.28	2.21	
O5	10.16	10.04	10.10	19.75	19.96	19.86	3500.00	80.12	1590.75	2.20	
O6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O8	10.00	9.80	9.90	20.10	20.00	20.05	3400.00	76.98	1543.39	2.20	
O9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O11	9.80	9.70	9.75	20.05	20.05	20.05	3200.00	74.66	1496.97	2.14	
O12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 59 Toma de datos de briquetas serie "P"

Datos de briquetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8 - Serie "P"											
N° de briq.	Diámetro inicial		Ø prom. 1	Altura inicial		H prom. 1	Peso 1	Sección 1	Volumen 1	Densidad 1	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
P1	9.80	9.85	9.83	19.80	19.80	19.80	3710.00	75.81	1501.14	2.47	0.08
P2	9.90	10.02	9.96	20.10	20.01	20.06	3970.00	77.91	1562.54	2.54	
P3	10.15	10.28	10.22	19.80	19.98	19.89	3870.00	81.95	1630.05	2.37	
P4	9.80	9.75	9.78	19.75	19.85	19.80	3900.00	75.05	1485.90	2.62	
P5	10.02	10.17	10.10	20.45	20.15	20.30	4200.00	80.04	1624.79	2.58	
P6	9.86	9.98	9.92	19.75	19.90	19.83	3780.00	77.29	1532.24	2.47	
P7	10.00	10.05	10.03	20.00	20.15	20.08	4150.00	78.93	1584.58	2.62	
P8	10.04	9.95	10.00	20.00	20.05	20.03	4050.00	78.46	1571.19	2.58	
P9	9.70	9.85	9.78	20.00	19.85	19.93	3950.00	75.05	1495.28	2.64	
P10	10.05	10.15	10.10	19.75	20.00	19.88	4120.00	80.12	1592.35	2.59	
P11	9.80	9.70	9.75	20.05	20.17	20.11	3820.00	74.66	1501.45	2.54	
P12	9.95	10.05	10.00	20.25	20.07	20.16	3860.00	78.54	1583.36	2.44	

Fuente: Elaboración propia



2. Recolección de datos de briquetas luego de someter a altas temperaturas.

Tabla 60 Toma de datos de briquetas serie "A" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "A"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
A1	10.03	10.14	10.09	20.43	20.27	20.35	3750.00	79.88	1625.57	2.31	0.02
A2	9.98	10.23	10.03	20.22	20.53	20.38	3800.00	78.96	1608.90	2.36	
A3	10.62	10.33	10.39	20.23	21.60	20.92	4200.00	84.70	1771.58	2.37	
A4	10.48	9.98	10.15	20.37	20.22	20.30	3870.00	80.95	1642.79	2.36	
A5	10.28	10.58	10.35	20.44	20.19	20.32	4040.00	84.07	1707.86	2.37	
A6	10.04	10.25	10.06	20.17	20.44	20.31	3820.00	79.45	1613.30	2.37	
A7	10.14	10.34	10.16	20.12	20.39	20.26	3870.00	81.01	1640.84	2.36	
A8	9.99	10.15	9.98	20.68	20.44	20.56	3780.00	78.27	1609.29	2.35	
A9	10.17	10.65	10.31	20.39	20.75	20.57	4040.00	83.50	1717.61	2.35	
A10	9.93	10.08	9.93	22.01	21.76	21.89	3950.00	77.40	1693.84	2.33	
A11	10.13	10.48	10.23	20.12	20.39	20.26	3860.00	82.15	1663.87	2.32	
A12	10.14	10.05	10.01	20.64	20.83	20.74	3880.00	78.67	1631.13	2.38	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 61 Toma de datos de briquetas serie "B" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "B"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
B1	10.14	10.24	10.19	20.86	20.64	20.75	3800.00	81.55	1692.22	2.25	0.03
B2	10.34	10.21	10.16	20.45	20.58	20.52	3820.00	80.99	1661.58	2.30	
B3	10.06	10.21	10.01	20.38	20.51	20.45	3670.00	78.68	1608.64	2.28	
B4	9.88	10.11	9.88	20.20	20.15	20.18	3580.00	76.64	1546.11	2.32	
B5	10.92	10.75	10.71	20.35	20.15	20.25	4200.00	90.07	1823.95	2.30	
B6	10.95	10.35	10.26	20.25	20.50	20.38	3750.00	82.68	1684.54	2.23	
B7	10.23	10.35	10.18	20.99	20.50	20.75	3850.00	81.33	1687.16	2.28	
B8	10.14	10.38	10.13	20.82	20.94	20.88	3860.00	80.66	1684.16	2.29	
B9	10.54	10.79	10.58	20.45	20.30	20.38	4150.00	87.83	1789.57	2.32	
B10	10.58	10.76	10.57	19.90	19.60	19.75	3950.00	87.67	1731.39	2.28	
B11	10.15	10.36	10.14	20.09	20.30	20.20	3750.00	80.72	1630.19	2.30	
B12	10.05	10.16	9.95	20.60	20.43	20.52	3680.00	77.79	1595.81	2.31	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 62 Toma de datos de briquetas serie “C” después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "C"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
C1	10.34	10.50	10.42	20.63	20.45	20.54	3850.00	85.28	1751.56	2.20	0.03
C2	10.08	9.90	9.86	20.57	20.70	20.64	3500.00	76.37	1575.93	2.22	
C3	10.70	10.60	10.50	20.45	20.73	20.59	4100.00	86.59	1782.89	2.30	
C4	9.90	10.15	9.89	20.33	20.54	20.44	3620.00	76.82	1569.85	2.31	
C5	10.23	10.35	10.16	20.75	20.45	20.60	3800.00	81.14	1671.42	2.27	
C6	10.15	10.34	10.10	20.41	20.60	20.51	3680.00	80.09	1642.18	2.24	
C7	10.35	10.54	10.30	20.50	20.65	20.58	3880.00	83.29	1713.70	2.26	
C8	10.15	10.25	10.05	20.75	20.50	20.63	3720.00	79.33	1636.12	2.27	
C9	10.56	10.40	10.33	20.40	20.70	20.55	3890.00	83.76	1721.27	2.26	
C10	10.15	10.38	10.11	20.45	20.50	20.48	3750.00	80.21	1642.38	2.28	
C11	10.60	10.25	10.28	20.20	20.45	20.33	3770.00	82.92	1685.33	2.24	
C12	10.65	10.40	10.36	20.60	20.50	20.55	3940.00	84.30	1732.29	2.27	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 63 Toma de datos de briquetas serie “D” después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "D"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2 (cm)	Altura final		H prom. 2 (cm)	Peso 2 (g)	Sección 2 (cm ²)	Volumen 2 (cm ³)	Densidad 2 (g/cm ³)	Desviación estándar σ
	D1	D2		H1	H2						
D1	10.07	10.30	10.19	20.60	20.40	20.50	3650.00	81.47	1670.19	2.19	0.20
D2	10.20	10.35	10.10	10.60	20.80	15.70	3720.00	80.04	1256.61	2.96	
D3	10.30	10.40	10.17	20.54	20.68	20.61	3750.00	81.23	1674.21	2.24	
D4	10.50	10.20	10.17	20.65	20.54	20.60	3790.00	81.23	1672.99	2.27	
D5	10.24	10.41	10.16	20.68	20.45	20.57	3760.00	81.03	1666.29	2.26	
D6	10.44	10.36	10.23	20.45	20.82	20.64	3850.00	82.23	1696.74	2.27	
D7	10.20	10.50	10.20	20.57	20.65	20.61	3820.00	81.71	1684.10	2.27	
D8	10.45	10.30	10.21	21.00	20.82	20.91	3900.00	81.87	1711.97	2.28	
D9	10.30	10.40	10.16	20.65	20.60	20.63	3770.00	81.09	1672.46	2.25	
D10	10.38	10.18	10.11	20.45	20.70	20.58	3720.00	80.31	1652.36	2.25	
D11	10.20	10.30	10.09	20.25	20.45	20.35	3620.00	79.98	1627.51	2.22	
D12	10.30	10.20	10.08	20.90	20.70	20.80	3700.00	79.79	1659.54	2.23	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 64 Toma de datos de briquetas serie "E" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "E"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
E1	10.82	10.69	10.76	20.55	20.70	20.63	4020.00	90.85	1873.72	2.15	0.02
E2	10.45	10.25	10.18	20.85	20.65	20.75	3750.00	81.42	1689.56	2.22	
E3	10.60	10.45	10.34	20.50	20.62	20.56	3840.00	84.00	1727.12	2.22	
E4	10.85	10.72	10.59	20.45	20.60	20.53	4040.00	88.08	1807.86	2.23	
E5	10.65	10.72	10.50	20.70	20.50	20.60	3970.00	86.62	1784.44	2.22	
E6	10.25	10.40	10.13	20.50	20.70	20.60	3700.00	80.60	1660.26	2.23	
E7	10.72	10.75	10.47	20.50	20.75	20.63	3930.00	86.16	1777.09	2.21	
E8	10.45	10.68	10.38	21.00	20.80	20.90	3920.00	84.61	1768.26	2.22	
E9	10.72	10.40	10.37	20.78	20.56	20.67	3900.00	84.52	1747.12	2.23	
E10	10.80	10.60	10.54	20.60	20.48	20.54	3950.00	87.17	1790.44	2.21	
E11	10.70	10.75	10.55	20.48	20.40	20.44	3950.00	87.33	1785.11	2.21	
E12	10.75	10.80	10.60	20.63	20.84	20.74	4050.00	88.16	1828.08	2.22	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 65 Toma de datos de briquetas serie "F" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "F"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
F1	10.45	10.35	10.40	20.72	20.80	20.76	3750.00	84.95	1763.53	2.13	0.03
F2	10.60	10.30	10.26	20.78	21.00	20.89	3820.00	82.60	1725.44	2.21	
F3	10.65	10.40	10.33	20.65	20.80	20.73	3850.00	83.81	1736.94	2.22	
F4	10.20	10.18	10.00	20.60	20.70	20.65	3570.00	78.56	1622.17	2.20	
F5	10.30	10.25	10.08	20.70	20.60	20.65	3670.00	79.80	1647.90	2.23	
F6	10.45	10.60	10.32	20.80	20.93	20.87	3800.00	83.71	1746.64	2.18	
F7	10.35	10.52	10.23	20.38	20.67	20.53	3700.00	82.26	1688.36	2.19	
F8	10.25	10.35	10.11	20.65	20.85	20.75	3630.00	80.25	1665.09	2.18	
F9	10.40	10.30	10.16	20.75	20.66	20.71	3750.00	80.99	1676.97	2.24	
F10	10.30	10.40	10.15	20.51	20.76	20.64	3680.00	80.95	1670.31	2.20	
F11	10.50	10.40	10.20	20.34	20.54	20.44	3650.00	81.63	1668.57	2.19	
F12	10.50	10.25	10.17	20.80	20.63	20.72	3700.00	81.15	1681.08	2.20	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 66 Toma de datos de briquetas serie “G” después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "G"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2 (cm)	Altura final		H prom. 2 (cm)	Peso 2 (g)	Sección 2 (cm ²)	Volumen 2 (cm ³)	Densidad 2 (g/cm ³)	Desviación estándar σ
	D1	D2		H1	H2						
G1	10.88	10.68	10.78	20.80	20.85	20.83	3950.00	91.27	1900.69	2.08	0.03
G2	10.81	10.65	10.52	20.75	20.55	20.65	3920.00	86.87	1793.88	2.19	
G3	10.55	10.70	10.43	21.00	20.75	20.88	3860.00	85.44	1783.55	2.16	
G4	10.50	10.83	10.45	20.85	20.70	20.78	3810.00	85.70	1780.45	2.14	
G5	10.35	10.45	10.19	21.06	20.75	20.91	3670.00	81.55	1704.86	2.15	
G6	10.62	10.83	10.50	21.15	20.95	21.05	3970.00	86.59	1822.72	2.18	
G7	10.62	10.76	10.47	20.90	20.80	20.85	3910.00	86.16	1796.47	2.18	
G8	10.45	10.72	10.37	21.08	20.85	20.97	3850.00	84.49	1771.37	2.17	
G9	10.50	10.40	10.23	20.80	20.50	20.65	3680.00	82.21	1697.64	2.17	
G10	10.25	10.35	10.09	20.50	20.70	20.60	3600.00	79.96	1647.17	2.19	
G11	10.20	10.35	10.07	20.70	20.60	20.65	3570.00	79.56	1643.00	2.17	
G12	10.50	10.30	10.18	20.90	20.65	20.78	3620.00	81.41	1691.27	2.14	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 67 Toma de datos de briquetas serie "H" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "H"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
H1	10.15	10.35	10.25	21.25	21.10	21.18	3600.00	82.52	1747.27	2.06	0.03
H2	10.35	10.50	10.21	21.00	21.07	21.04	3750.00	81.81	1720.85	2.18	
H3	10.30	10.45	10.15	20.85	21.00	20.93	3600.00	80.91	1693.12	2.13	
H4	10.07	10.28	9.95	20.85	21.00	20.93	3500.00	77.76	1627.05	2.15	
H5	10.55	10.42	10.25	20.80	20.70	20.75	3650.00	82.58	1713.54	2.13	
H6	10.30	10.50	10.18	20.65	20.98	20.82	3600.00	81.31	1692.53	2.13	
H7	10.40	10.65	10.29	20.60	20.85	20.73	3740.00	83.18	1723.85	2.17	
H8	10.55	10.40	10.24	21.15	21.24	21.20	3700.00	82.27	1743.81	2.12	
H9	10.65	10.35	10.26	20.85	20.65	20.75	3750.00	82.73	1716.55	2.18	
H10	10.40	10.55	10.24	20.80	20.54	20.67	3680.00	82.27	1700.62	2.16	
H11	10.25	10.30	10.04	20.47	20.64	20.56	3450.00	79.09	1625.71	2.12	
H12	10.65	10.22	10.20	20.72	20.45	20.59	3620.00	81.78	1683.38	2.15	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 68 Toma de datos de briquetas serie "I" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "I"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar σ
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	
I1	10.20	10.25	10.23	20.30	21.30	20.80	3440.00	82.11	1707.97	2.01	0.03
I2	10.35	10.62	10.24	21.30	21.45	21.38	3700.00	82.34	1759.99	2.10	
I3	10.35	10.52	10.19	21.06	21.25	21.16	3600.00	81.54	1724.91	2.09	
I4	10.42	10.58	10.25	21.00	20.90	20.95	3640.00	82.44	1727.02	2.11	
I5	10.25	10.48	10.12	20.90	21.20	21.05	3600.00	80.37	1691.84	2.13	
I6	10.38	10.51	10.21	20.70	20.85	20.78	3590.00	81.84	1700.25	2.11	
I7	10.48	10.68	10.31	20.60	20.90	20.75	3650.00	83.48	1732.31	2.11	
I8	10.28	10.48	10.12	20.54	20.90	20.72	3480.00	80.47	1667.29	2.09	
I9	10.38	10.70	10.29	20.90	20.80	20.85	3680.00	83.23	1735.26	2.12	
I10	10.45	10.65	10.30	20.99	21.30	21.15	3700.00	83.24	1760.15	2.10	
I11	10.65	10.35	10.28	20.70	20.85	20.78	3650.00	82.92	1722.64	2.12	
I12	10.55	10.40	10.23	20.80	21.00	20.90	3600.00	82.13	1716.52	2.10	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 69 Toma de datos de briquetas serie "J" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "J"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
J1	10.45	10.65	10.55	21.23	21.45	21.34	3690.00	87.42	1865.47	1.98	0.04
J2	10.60	10.70	10.38	21.10	21.00	21.05	3700.00	84.62	1781.30	2.08	
J3	10.40	10.65	10.26	21.21	21.30	21.26	3680.00	82.60	1755.59	2.10	
J4	10.25	10.15	9.93	21.00	21.05	21.03	3400.00	77.44	1628.26	2.09	
J5	10.45	10.25	10.08	21.15	21.25	21.20	3580.00	79.80	1691.79	2.12	
J6	10.35	10.50	10.16	21.35	21.40	21.35	3580.00	80.99	1729.21	2.07	
J7	10.50	10.65	10.30	21.00	20.85	20.93	3580.00	83.31	1743.19	2.05	
J8	10.40	10.54	10.20	21.30	21.10	21.20	3650.00	81.66	1731.29	2.11	
J9	10.55	10.52	10.27	21.00	20.10	20.55	3650.00	82.81	1701.66	2.14	
J10	10.28	10.45	10.10	20.90	21.10	21.00	3520.00	80.13	1682.82	2.09	
J11	10.50	10.30	10.13	21.20	21.35	21.28	3560.00	80.60	1714.66	2.08	
J12	10.25	10.45	10.08	21.00	21.35	21.18	3520.00	79.80	1689.80	2.08	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 70 Toma de datos de briquetas serie “K” después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "K"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar σ
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	
K1	10.50	10.28	10.39	20.65	20.75	20.70	3450.00	84.79	1755.06	1.97	0.04
K2	10.40	10.25	10.03	21.00	21.00	21.00	3350.00	78.93	1657.59	2.02	
K3	10.35	10.65	10.20	20.75	20.85	20.80	3450.00	81.66	1698.63	2.03	
K4	10.28	10.62	10.15	21.00	21.20	21.10	3490.00	80.91	1707.28	2.04	
K5	10.45	10.55	10.20	20.78	20.90	20.84	3520.00	81.71	1702.90	2.07	
K6	10.65	10.75	10.40	21.00	21.15	21.08	3650.00	84.95	1790.29	2.04	
K7	10.55	10.65	10.31	21.07	21.00	21.04	3600.00	83.42	1754.74	2.05	
K8	10.55	10.75	10.36	21.39	21.58	21.49	3720.00	84.23	1809.71	2.06	
K9	10.55	10.34	10.12	20.07	20.38	20.23	3490.00	80.40	1626.18	2.15	
K10	10.42	10.32	10.07	21.33	21.50	21.42	3500.00	79.69	1706.58	2.05	
K11	10.50	10.72	10.30	20.78	20.70	20.74	3600.00	83.39	1729.46	2.08	
K12	10.66	10.65	10.38	20.70	20.85	20.78	3550.00	84.65	1758.70	2.02	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 71 Toma de datos de briquetas serie "L" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "L"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar σ
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	
L1	10.35	10.60	10.48	20.75	20.90	20.83	3400.00	86.18	1794.66	1.89	0.04
L2	10.60	10.68	10.28	21.20	21.10	21.15	3520.00	83.00	1755.44	2.01	
L3	10.75	10.90	10.46	20.90	20.90	20.90	3600.00	85.92	1795.63	2.00	
L4	10.35	10.30	10.00	20.80	20.90	20.85	3350.00	78.46	1635.92	2.05	
L5	10.60	10.75	10.33	21.15	21.30	21.23	3600.00	83.76	1777.81	2.02	
L6	10.45	10.25	10.00	20.85	21.00	20.93	3320.00	78.57	1644.10	2.02	
L7	10.60	10.65	10.27	21.10	21.26	21.18	3540.00	82.76	1752.81	2.02	
L8	10.60	10.40	10.14	21.21	21.10	21.16	3450.00	80.75	1708.36	2.02	
L9	10.30	10.45	10.02	21.10	21.00	21.05	3350.00	78.78	1658.23	2.02	
L10	10.70	10.90	10.43	20.85	21.05	20.95	3620.00	85.36	1788.24	2.02	
L11	10.40	10.30	9.99	21.15	21.28	21.22	3400.00	78.38	1662.89	2.04	
L12	10.45	10.60	10.17	21.35	21.15	21.25	3350.00	81.15	1724.50	1.94	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 72 Toma de datos de briquetas serie "M" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "M"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
M1	10.90	10.75	10.83	21.09	21.30	21.20	3450.00	92.03	1950.65	1.77	0.05
M2	10.77	10.99	10.41	21.25	21.20	21.23	3450.00	85.14	1807.20	1.91	
M3	10.93	11.04	10.52	21.00	21.20	21.10	3620.00	86.97	1835.07	1.97	
M4	10.55	10.65	10.15	21.20	21.05	21.13	3300.00	80.91	1709.30	1.93	
M5	10.65	10.95	10.38	21.25	20.35	20.80	3470.00	84.57	1759.13	1.97	
M6	10.50	10.45	10.02	20.95	21.10	21.03	3150.00	78.84	1657.58	1.90	
M7	10.75	10.80	10.33	21.20	21.36	21.28	3450.00	83.73	1781.73	1.94	
M8	10.35	10.55	10.27	21.32	21.24	21.28	3530.00	82.84	1762.80	2.00	
M9	10.40	10.60	10.07	21.20	21.10	21.15	3250.00	79.56	1682.78	1.93	
M10	10.85	10.90	10.43	20.95	21.16	21.06	3450.00	85.36	1797.20	1.92	
M11	10.54	10.44	10.05	21.30	21.38	21.34	3250.00	79.26	1691.49	1.92	
M12	10.65	10.75	10.24	21.45	21.25	21.35	3400.00	82.27	1756.56	1.94	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 73 Toma de datos de briquetas serie "N" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "N"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
N1	10.85	10.75	10.80	21.00	21.10	21.05	3220.00	91.61	1928.37	1.67	0.05
N2	11.35	10.90	10.62	21.45	21.85	21.65	3500.00	88.65	1919.22	1.82	
N3	10.95	11.35	10.66	21.10	21.00	21.05	3400.00	89.17	1876.93	1.81	
N4	10.60	10.52	10.09	21.00	21.15	21.08	3170.00	79.94	1684.82	1.88	
N5	10.84	11.00	10.43	21.35	21.45	21.40	3350.00	85.36	1826.65	1.83	
N6	10.65	10.72	10.20	21.05	21.20	21.13	3080.00	81.74	1726.86	1.78	
N7	10.83	10.84	10.35	21.30	21.25	21.28	3260.00	84.12	1789.60	1.82	
N8	11.10	10.70	10.38	21.45	21.30	21.38	3250.00	84.54	1807.06	1.80	
N9	10.70	10.65	10.21	21.30	21.45	21.38	3200.00	81.87	1750.04	1.83	
N10	10.90	11.10	10.51	21.45	21.25	21.35	3420.00	86.67	1850.46	1.85	
N11	10.60	10.50	10.07	21.35	21.45	21.40	3150.00	79.64	1704.36	1.85	
N12	10.75	10.85	10.31	21.58	21.34	21.46	3250.00	83.40	1789.85	1.82	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 74 Toma de datos de briquetas serie "O" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "O"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar σ
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	
O1	10.85	10.55	10.70	21.40	21.30	21.35	3050.00	89.92	1919.80	1.59	0.06
O2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O4	10.65	10.60	10.12	21.40	21.24	21.32	3000.00	80.36	1713.20	1.75	
O5	11.02	11.88	10.64	21.13	21.36	21.25	3150.00	88.91	1888.99	1.67	
O6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O8	10.85	10.63	10.24	21.50	21.40	21.45	3100.00	82.29	1765.13	1.76	
O9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O11	10.63	10.52	10.08	21.47	21.45	21.46	2900.00	79.80	1712.54	1.69	
O12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 75 Toma de datos de briquetas serie "P" después de ser sometido a altas temperaturas

Datos de briquetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre recocido N°8, luego de ser sometido a altas temperaturas - Serie "P"											
N° de briq.	Diámetro final		Ø prom. 2	Altura final		H prom. 2	Peso 2	Sección 2	Volumen 2	Densidad 2	Desviación estándar
	D1	D2	(cm)	H1	H2	(cm)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(g/cm ³)	σ
P1	9.80	9.85	9.83	19.80	19.80	19.80	3710.00	75.81	1501.14	2.47	0.08
P2	9.90	10.02	9.96	20.10	20.01	20.06	3970.00	77.91	1562.54	2.54	
P3	10.15	10.28	10.22	19.80	19.98	19.89	3870.00	81.95	1630.05	2.37	
P4	9.80	9.75	9.78	19.75	19.85	19.80	3900.00	75.05	1485.90	2.62	
P5	10.02	10.17	10.10	20.45	20.15	20.30	4200.00	80.04	1624.79	2.58	
P6	9.86	9.98	9.92	19.75	19.90	19.83	3780.00	77.29	1532.24	2.47	
P7	10.00	10.05	10.03	20.00	20.15	20.08	4150.00	78.93	1584.58	2.62	
P8	10.04	9.95	10.00	20.00	20.05	20.03	4050.00	78.46	1571.19	2.58	
P9	9.70	9.85	9.78	20.00	19.85	19.93	3950.00	75.05	1495.28	2.64	
P10	10.05	10.15	10.10	19.75	20.00	19.88	4120.00	80.12	1592.35	2.59	
P11	9.80	9.70	9.75	20.05	20.17	20.11	3820.00	74.66	1501.45	2.54	
P12	9.95	10.05	10.00	20.25	20.07	20.16	3860.00	78.54	1583.36	2.44	

Fuente: Elaboración propia

3.6 Procedimientos de análisis de datos

3.6.1 Análisis granulométrico de agregados finos

Para el análisis granulométrico de agregado fino de Cunyac, se trabajó bajo la NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP. 400.012) en la cual se establecen los parámetros de gradación (granulometría) del agregado fino.

Tabla 76 Granulometría

MALLA	% QUE PASA
3/8	100%
# 4	95% - 100%
# 8	80% - 100%
# 16	50% - 85%
# 30	25% - 60 %
# 50	10% - 30%
# 100	2% - 10%

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la granulometría del agregado fino se usó las siguientes formulas.

1).-

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{PESO DE MATERIAL RETENIDO}}{\text{PESO TOTAL DE MUESTRA}} \times 100$$

2).-

$$\% \text{ RETENIDO ACUMULADO} = \% \text{ RETENIDO} + \% \text{ RETENIDO ACUM. ANTERIOR}$$

3).-

$$\% \text{ QUE PASA} = 100 - \% \text{ RETENIDO ACUM. ANTERIOR}$$

4).-

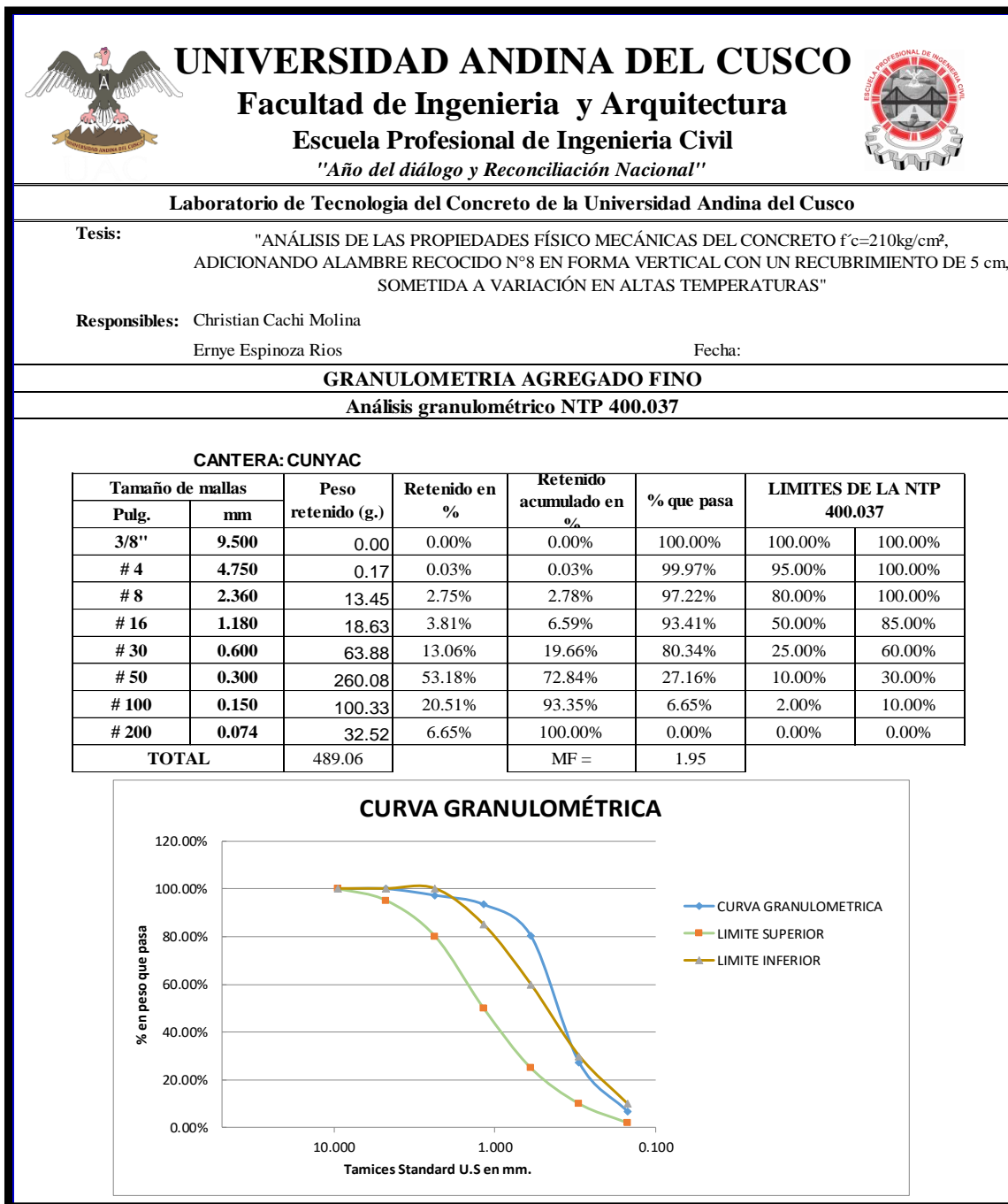
$$\text{MODULO DE FINEZA} = \frac{\sum \% \text{ RETENIDO ACUM.}}{100}$$

El módulo de fineza debe de en el parámetro de 2.3 y 3.1 según la norma.

3.6.1.1 Análisis granulométrico de agregados finos de la cantera de Cunyac.

A. Procesamiento o cálculos de la prueba

Tabla 77 Granulometría de agregado fino de la cantera Cunyac.



Fuente: Elaboración propia

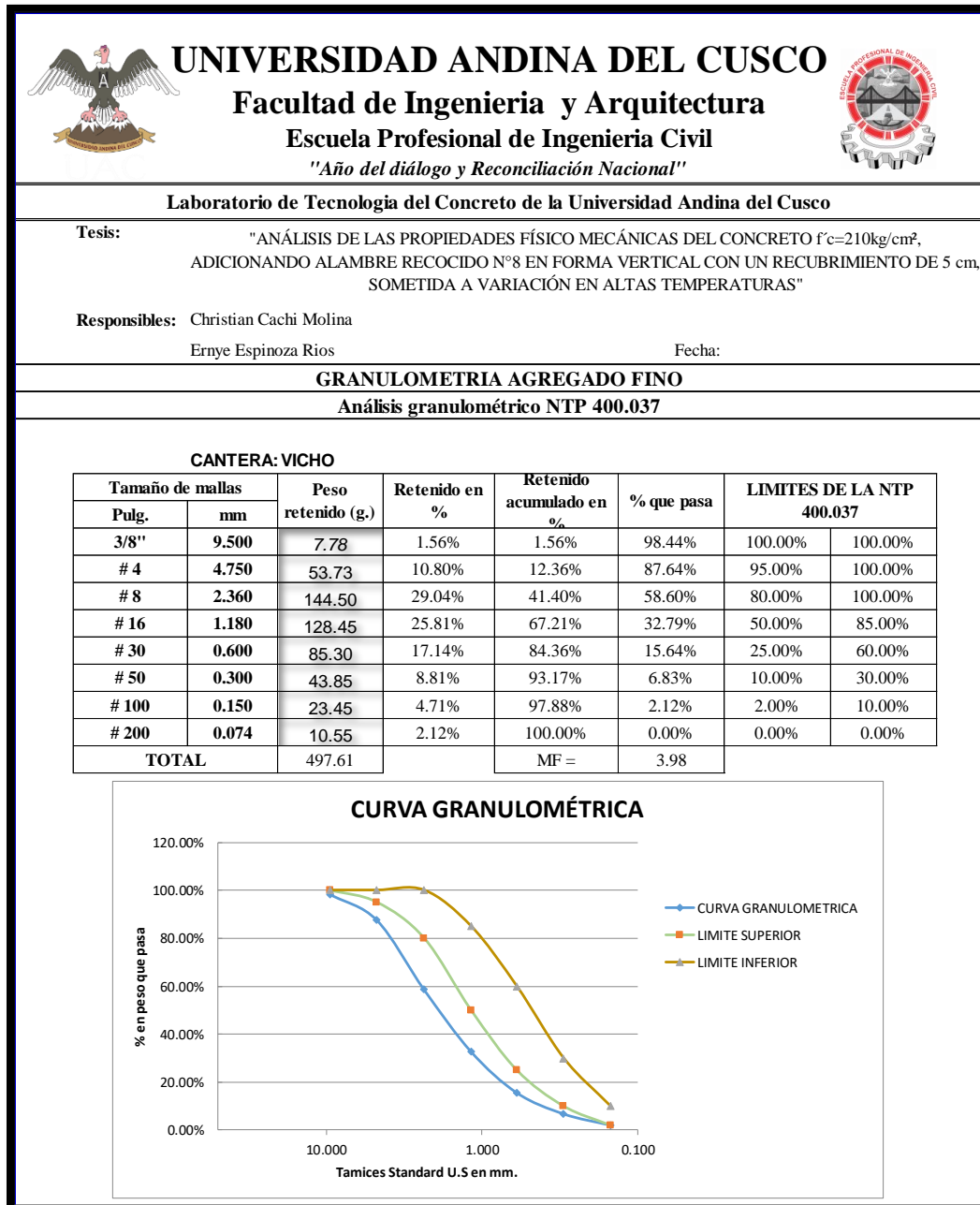
B. Análisis de la prueba.

Una vez realizado el análisis granulométrico del agregado fino de la cantera de Cunyac se verificó que no cumple con la NTP. 400.012 ya que su módulo de fineza fue de 1.95, para lo cual se optó por mezclar con otro agregado fino de mayor granulometría.

3.6.1.2 Análisis granulométrico de agregados finos de la cantera de Vicho.

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 78 Granulometría de agregado fino de la cantera Vicho.



Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba.

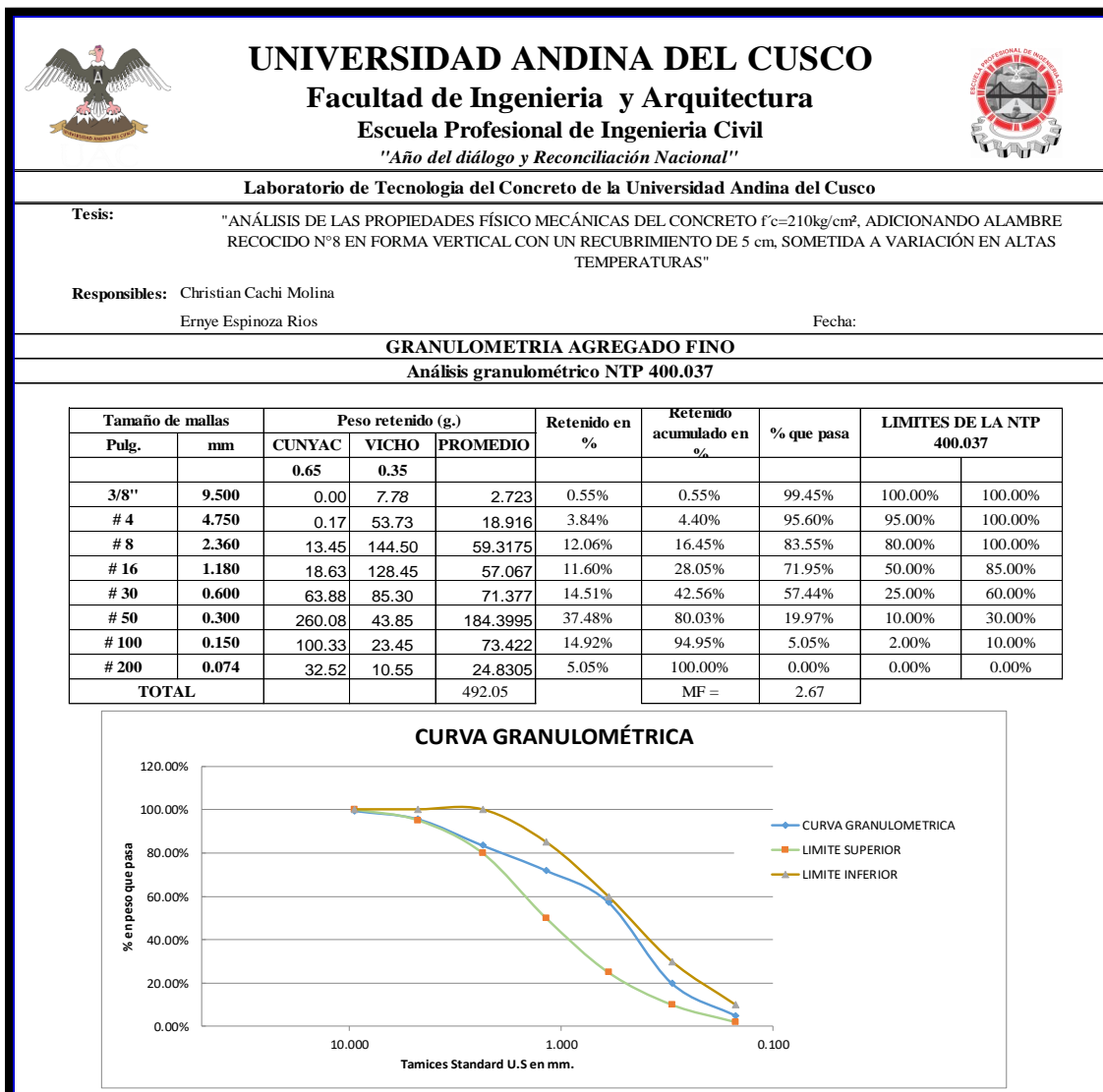
Al realizar el ensayo se encontró dentro de la muestra partículas de materia orgánica, así como

pedras de gran tamaño, aunque en cantidades mínimas para lo cual se procedió a realizar una limpieza respectiva. A la culminación del procesamiento de cálculos se obtuvo un módulo de fineza de 3.98, la cual tampoco cumple con la NTP 400.012. se llegó a la conclusión que el material es muy grueso.

3.6.1.3 Análisis granulométrico de agregados finos combinado.

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 79 Granulometría de agregado fino mezcla de canteras dando porcentajes.



Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba.

En la prueba anterior, ninguno de los resultados llegó a cumplir con la NTP 400.012 por lo tanto,

al tener resultados superiores e inferiores a lo que establece la norma procedimos a realizar un cuadro de mezcla dando porcentajes a cada muestra y llegar a un modulo de fineza adecuado para nuestro diseño de mezcla.

Como resultado de la mezcla de materiales de las canteras de Cunyac y Vicho tenemos una relación de 65% y 35% de participación respectivamente de cada cantera dando un módulo de fineza de 2.67.

3.6.2 Análisis granulométrico de agregados grueso.

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 80 Granulometría de agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia



B. Análisis de la prueba.

Al realizar nuestra granulometría del agregado grueso se puede comprobar que este cumple con los parámetros establecidos por la NTP.400.037, lo cual nos indica que es un material adecuado para nuestro diseño de mezcla.

3.6.3 Análisis de porcentaje de humedad de agregados finos.

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 81 Cálculo de humedad del agregado fino.

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>				
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco					
<p>Tesis: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, ADICIONANDO ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN EN ALTAS TEMPERATURAS"</p>					
<p>Responsibles: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p>		<p>Fecha:</p>			
Contenido de Humedad Natural del Agregado Fino					
Ensayo según la NTP 339.185					
Cantera - Cunyac 65%					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Ww	Peso del agua	gr.	18.47	18.40	15.60
Ws	Peso seco del material	gr.	490.30	494.00	487.70
W1	Peso tara + suelo húmedo	gr.	594.87	598.10	589.70
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	gr.	576.40	579.70	574.10
Wt	Peso tara	gr.	86.10	85.70	86.40
W	Contenido de humedad	(%)	3.77%	3.72%	3.20%
			Promedio:	3.56%	
Cantera - Vicho 35%					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Ww	Peso del agua	gr.	75.50	75.40	81.90
Ws	Peso seco del material	gr.	558.50	572.10	559.10
W1	Peso tara + suelo húmedo	gr.	719.40	732.50	727.10
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	gr.	643.90	657.10	645.20
Wt	Peso tara	gr.	85.40	85.00	86.10
W	Contenido de humedad	(%)	13.52%	13.18%	14.65%
			Promedio:	13.78%	
Promedio ponderado de humedad :			3.57%		

Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba.

Para este ensayo se realizó pruebas individuales a cada muestra o cantera, para la cual se obtuvo los resultados siguientes:

En caso del agregado fino de Cunyac se vio que tiene un porcentaje menor de humedad dando un promedio de 3.56% y el agregado de Vicho da una humedad de 13.78%.

Sacando un promedio ponderado de las dos canteras tenemos un promedio ponderado de 3.57%, la cual es considerada como una humedad baja.

3.6.4 Análisis de porcentaje de humedad de agregado grueso

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 82 Calculo de humedad del agregado grueso.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		Facultad de Ingeniería y Arquitectura		Escuela Profesional de Ingeniería Civil		"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"	
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco							
Tesis:	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, ADICIONANDO ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN EN ALTAS TEMPERATURAS"						
Responsibles:	Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios				Fecha: Abr-18		
Contenido de Humedad Natural del Agregado Grueso							
Ensayo según la NTP 339.185							
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3		
Ww	Peso del agua	gr.	23.27	24.09	27.88		
Ws	Peso seco del material	gr.	987.15	978.30	966.50		
W1	Peso tara + suelo húmedo	gr.	1095.98	1087.75	1079.53		
W2	Peso tara + suelo secado en el horno	gr.	1072.71	1063.66	1051.65		
Wt	Peso tara	gr.	85.56	85.36	85.15		
W	Contenido de humedad	(%)	2.36%	2.46%	2.88%		
Porcentaje de humedad :			2.57%				

Fuente: Elaboración propia



B. Análisis de la prueba.

Para este ensayo no se tubo percances ya que se obtuvo una humedad de 2.57% considerada un porcentaje bajo para nuestro diseño de mezcla.

3.6.5 Análisis del peso específico y % de absorción del agregado fino

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 83 Calculo de gravedad específica y absorción de los agregados finos.

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>																												
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																													
<p>Tesis: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, ADICIONANDO ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN EN ALTAS TEMPERATURAS"</p>																													
<p>Responsable: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p>																													
Fecha:																													
Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino																													
Agregado Fino - (Norma ASTM C-128, NTP 400.022)																													
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">CUNYAC</td> <td style="text-align: center;">VICHO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SIMBOLO</td> <td style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</td> <td style="text-align: center;">UNIDAD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P (ms)</td> <td>Peso al aire de la muestra seca en el horno</td> <td style="text-align: center;">gr.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P (mss)</td> <td>Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca</td> <td style="text-align: center;">gr.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P (f)</td> <td>Peso de fiola</td> <td style="text-align: center;">gr.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V (as)</td> <td>Volumen de agua en el frasco</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V (f)</td> <td>Volumen de fiola</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Porcentaje de incidencia</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">65.00% 35.00%</td> </tr> </table>		CUNYAC	VICHO	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	P (ms)	Peso al aire de la muestra seca en el horno	gr.	P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	gr.	P (f)	Peso de fiola	gr.	V (as)	Volumen de agua en el frasco	cm ³	V (f)	Volumen de fiola	cm ³		Porcentaje de incidencia				65.00% 35.00%
	CUNYAC	VICHO																											
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD																											
P (ms)	Peso al aire de la muestra seca en el horno	gr.																											
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	gr.																											
P (f)	Peso de fiola	gr.																											
V (as)	Volumen de agua en el frasco	cm ³																											
V (f)	Volumen de fiola	cm ³																											
	Porcentaje de incidencia																												
		65.00% 35.00%																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">P em</td> <td style="text-align: center;">g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.52</td> <td style="text-align: center;">2.37</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P eSS</td> <td style="text-align: center;">g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.56</td> <td style="text-align: center;">2.46</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ab s</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">1.44%</td> <td style="text-align: center;">3.71%</td> </tr> </table>	P em	g/cm³	2.52	2.37	P eSS	g/cm³	2.56	2.46	Ab s	%	1.44%	3.71%															
P em	g/cm³	2.52	2.37																										
P eSS	g/cm³	2.56	2.46																										
Ab s	%	1.44%	3.71%																										
	Promedio ponderado agregado fino:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">P em</td> <td style="text-align: center;">g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.47</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P eSS</td> <td style="text-align: center;">g/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.52</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ab s</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">2.24%</td> </tr> </table>	P em	g/cm³	2.47	P eSS	g/cm³	2.52	Ab s	%	2.24%																		
P em	g/cm³	2.47																											
P eSS	g/cm³	2.52																											
Ab s	%	2.24%																											

Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba.


En este ensayo se tuvo que hacer uso de la cocina ya que el material a usar se encontraba con agua en excedencia, luego de este proceso se usó una secadora tal como nos indica la norma para así poder tener un material superficialmente saturado.

El peso específico hallado fue de 2.52 gr/cm² y su absorción de 2.24%.

3.6.6 Análisis del peso específico y % de absorción del agregado grueso.

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 84 Calculo de gravedad específica y absorción de los agregados grueso.

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <i>"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"</i></p>																																								
Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco																																									
<p>Tesis: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210\text{kg/cm}^2$, ADICIONANDO ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN EN ALTAS TEMPERATURAS"</p>																																									
<p>Responsable: Christian Cachi Molina Ernye Espinoza Rios</p>																																									
<p>Fecha:</p>																																									
Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Grueso																																									
Agregado grueso - (Norma ASTM C-127, NTP 400.021)																																									
<p>Observaciones: </p>																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SIMBOLO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>VALOR 1</th> <th>VALOR 2</th> <th>VALOR 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P (ms)</td> <td>Peso al aire de la muestra secada en el horno</td> <td>gr.</td> <td>3978.01</td> <td>3992.64</td> <td>3961.03</td> </tr> <tr> <td>P (mss)</td> <td>Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca</td> <td>gr.</td> <td>4030.61</td> <td>4044.74</td> <td>4017.28</td> </tr> <tr> <td>P (mssa)</td> <td>Peso de la muestra saturada sumergida en el agua</td> <td>gr.</td> <td>2421.09</td> <td>2433.56</td> <td>2396.57</td> </tr> <tr> <td>P (ca)</td> <td>Peso de canastilla dentro del agua</td> <td>gr.</td> <td>16.55</td> <td>16.55</td> <td>16.55</td> </tr> <tr> <td>V (f)</td> <td>Volumen de fiola</td> <td>cm³</td> <td>500.00</td> <td>500.00</td> <td>500.00</td> </tr> </tbody> </table>						SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	P (ms)	Peso al aire de la muestra secada en el horno	gr.	3978.01	3992.64	3961.03	P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	gr.	4030.61	4044.74	4017.28	P (mssa)	Peso de la muestra saturada sumergida en el agua	gr.	2421.09	2433.56	2396.57	P (ca)	Peso de canastilla dentro del agua	gr.	16.55	16.55	16.55	V (f)	Volumen de fiola	cm ³	500.00	500.00	500.00
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3																																				
P (ms)	Peso al aire de la muestra secada en el horno	gr.	3978.01	3992.64	3961.03																																				
P (mss)	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	gr.	4030.61	4044.74	4017.28																																				
P (mssa)	Peso de la muestra saturada sumergida en el agua	gr.	2421.09	2433.56	2396.57																																				
P (ca)	Peso de canastilla dentro del agua	gr.	16.55	16.55	16.55																																				
V (f)	Volumen de fiola	cm ³	500.00	500.00	500.00																																				
<table border="1" style="width: 80%; margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>P em</td> <td>g/cm³</td> <td>2.47</td> <td>2.48</td> <td>2.44</td> </tr> <tr> <td>P eSS</td> <td>g/cm³</td> <td>2.59</td> <td>2.59</td> <td>2.57</td> </tr> <tr> <td>Ab s</td> <td>%</td> <td>1.32%</td> <td>1.30%</td> <td>1.42%</td> </tr> </tbody> </table>						P em	g/cm³	2.47	2.48	2.44	P eSS	g/cm³	2.59	2.59	2.57	Ab s	%	1.32%	1.30%	1.42%																					
P em	g/cm³	2.47	2.48	2.44																																					
P eSS	g/cm³	2.59	2.59	2.57																																					
Ab s	%	1.32%	1.30%	1.42%																																					
<table border="1" style="width: 80%; margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Promedio en agregado grueso:</td> <td>P em</td> <td>g/cm³</td> <td>2.46</td> </tr> <tr> <td>P eSS</td> <td>g/cm³</td> <td>2.58</td> </tr> <tr> <td>Ab s</td> <td>%</td> <td>1.35%</td> </tr> </tbody> </table>						Promedio en agregado grueso:	P em	g/cm³	2.46	P eSS	g/cm³	2.58	Ab s	%	1.35%																										
Promedio en agregado grueso:	P em	g/cm³	2.46																																						
	P eSS	g/cm³	2.58																																						
	Ab s	%	1.35%																																						

Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba.

El peso específico del agregado fue de 2.58 gr/cm² y su absorción de 1.35%.

3.6.7 Análisis del peso unitario suelto y compacto del agregado grueso.

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 85 Calculo de peso unitario de agregado grueso.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		Facultad de Ingeniería y Arquitectura		Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
"Año del diálogo y Reconciliación Nacional"		Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Andina del Cusco		Tesis:	
Tesis:		"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, ADICIONANDO ALAMBRE RECOCIDO N°8 EN FORMA VERTICAL CON UN RECUBRIMIENTO DE 5 cm, SOMETIDA A VARIACIÓN EN ALTAS TEMPERATURAS"			
Responsible:		Christian Cachi Molina		Fecha:	
		Ernye Espinoza Rios			
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO					
Ensayo según la NTP 400.017					
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
			1	2	3
P (m+a)	Peso de molde + agregado suelto	gr	12215.71	12248.62	12240.28
P (m+ac)	Peso de molde + agregado compacto	gr	12363.58	12383.65	12394.46
Vm	Volumen del molde	cm ³	2964.11	2964.1	2963.85
P (molde)	Peso del molde	gr	7505.6	7506.5	7506.9
Ps	Peso agregado suelto	gr	4710.11	4742.12	4733.38
Pc	Peso agregado compacto	gr	4857.98	4877.15	4887.56
PUs	Peso unitario suelto	gr/cm ³	1.59	1.60	1.60
Puc	Peso unitario compacto	gr/cm ³	1.64	1.65	1.65
	Promedio peso unitario suelto	gr/cm ³	1.60		
	Promedio peso unitario compacto	gr/cm ³	1.64		

Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba

El peso unitario del agregado grueso de Vicho es de 1.60 gr/cm^3 y el peso unitario compactado es de 1.64 gr/cm^3 .

3.6.8 Características físicas y mecánicas de los componentes del concreto.

Con los ensayos realizados anteriormente a los componentes del concreto, se obtuvieron los siguientes datos, siendo de importancia para realizar el diseño de mezcla

A. Características del agregado:

Tabla 86 Características de agregados a usar en el diseño de mezcla.

PROPIEDADES	UND	AGREGADO	
		FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	-	3/4
PESO ESPECIFICO DE LA MASA	gr/cm ³	2.47	2.46
ABSORCION	%	2.24	1.35
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.57	2.57
MODULO DE FINEZA	-	2.67	-
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	gr/cm ³	-	1.64

Fuente: Elaboración propia

B. Características del cemento:

- **Tipo de cemento:** Cemento portland tipo IP
- **Peso Específico:** 2820 kg/m³

C. Agua

Agua potable de red doméstica que cumple con la norma NTP 339.088 o E 0-60.

D. Resistencia a la compresión

- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 85 \text{ kg/cm}^2$.

3.6.9 Paso del Diseño de mezcla ACI 211 – $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

- **Paso 1: “Calculo de la resistencia a la compresión promedio”**

Método 3

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el calculo de desviación estándar de acuerdo a lo indicado, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la tabla.

Tabla 87 Resistencia a la compresión promedio “f’cr”

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f_c < 21$	$f_{cr} = f_c + 7,0$
$21 \leq f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8,5$
$f_c > 35$	$f_{cr} = 1,1 f_c + 5,0$

Fuente: Norma E.060 – Concreto armado, 2015

Haciendo la conversión de MPa a kg/cm² se tiene el siguiente resultado de resistencia promedio de f’cr:

$$f'_{cr} = 210 + 85$$

$$f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

- Paso 2: “Determinación del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso”

$$TMN = 3/4''$$

- Paso 3: “Determinación asentamiento (slump)”

Tabla 88 Asentamiento por tipo de estructura

TABLA 1: SLUMP PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Tipo de Estructura	Slump Maximo	Slump Minimo
Zapatas y Muros de Cimentacion Reforzados	3"	1"
Cimentacion Simples y Calzaduras	3"	1"
Vigas y Muros Armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclopeo	2"	1"

Fuente: Diseño de mezclas (ACI)

$$\text{Slump} = 3''$$

- Paso 4: “Determinación volumen del agua para diseño”

Tabla 89 Volumen unitario del agua

TABLA 2: CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA PARA AMASADO								
SLUMP	Tamaño Maximo de Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Diseño de mezclas (ACI)

Volumen de agua de mezcla = 184 lts = 0.184 m3

- Paso 5: “Determinación relación de agua- cemento por resistencia y durabilidad”

Tabla 90 Relación agua/cemento

TABLA 3: RELACION AGUA CEMENTO VS RESISTENCIA DEL CONCRETO		
f'c a 28 dias (kg/cm2)	Relacion Agua/Cemento en peso	
	Sin Aire Incorporado	Con Aire Incorporado
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Fuente: Diseño de mezclas (ACI)

Relación agua/cemento = 0.547

- Paso 6: “Determinación de factor de cemento”

$$FC = \frac{VOLUMEN DE AGUA DE MEZCLA}{a/c}$$

$$FC = \frac{190}{0.547} = 347.35$$

$$VOLUMEN DEL CEMENTO = \frac{FC}{PESO ESPECIFICO CEMENTO}$$

$$VOL. CEMENTO = \frac{347.35 \text{ KG}}{2820 \text{ KG/M}^3} = 0.123 \text{ M}^3$$

- Paso 7: “Determinación volumen del agregado grueso”

La selección de las propiedades de los agregados fino y grueso en la unidad cubica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta (cemento + agua), se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Tabla 91 Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MODULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Diseño de mezclas (ACI)

Para un módulo de finura del agregado de 2.67 y para un TMN = 3/4", se hace uso de la tabla de peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto e interpolando.

2.80	-----	0.62
2.67	-----	x
2.60	-----	0.64

$$\frac{2.80 - 2.60}{2.67 - 2.60} = \frac{0.62 - 0.64}{x - 0.64}$$

Donde X = 0.633 m³

$$VOLUMEN \text{ AGREGADO GRUESO} = 0.633 \text{ M}^3 \times \frac{1675 \text{ KG/M}^3}{2560 \text{ KG/M}^3} = 0.414 \text{ M}^3$$

- **Paso 8: “Determinación de contenido de aire incorporado**

Para determinar el contenido de aire incorporado en el concreto usamos la siguiente tabla la cual nos indica que para un agregado de tamaño máximo nominal de 3/4" es de 2% que es igual a 0.02 m³”

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
TMN	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1 "	1.50%
1 1/2"	1.00%
2 "	0.50%
3 "	0.30%
6 "	0.20%

Fuente: Diseño de mezclas (ACI)

- **Paso 9: “Determinación de volúmenes absolutos.**

Tabla 92 Cuadro de volúmenes de los agregados para elaboración de concreto.

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN
Volumen del agua	0.184 m ³
Volumen del cemento	0.123 m ³
Volumen de agregado grueso	0.414 m ³
Volumen del aire	0.02 m ³
Volumen total	0.741 m ³

Fuente: Elaboración propia

- **Paso 10: “Determinación de volumen de agregado fino.**

$$\text{Volumen de agregado fino} = 1 - \sum \text{volumen total} = 1 - 0.741 = 0.259 \text{ m}^3$$

- Paso 11: “Determinación de volumen y peso de agua, cemento, agregado fino y grueso”

Tabla 93 Cuadro de peso de componentes del agregado según su peso específico hallado en laboratorio.

Descripcion	Volumen Absoluto (m3)	Peso específico (kg/m3)	Peso (Kg)
Agua	0.184	1000	184
Cemento	0.123	2820	346.86
Agr. Grueso	0.414	2460	1018.44
Agr. Fino	0.259	2470	639.73
Aire	0.02	0	0
Total	1		2189.03

Fuente: Elaboración propia

- Paso 11: “Determinación de peso para diseño de mezcla, corrección por porcentaje de humedad”

Utilizando los datos de humedad al inicio del proyecto tenemos los siguientes datos de corrección:

1. *Peso corregido = Contenido de humedad x Peso*

$$\text{Agré. Fino} = 1.0357 \times 639.73 = 676.19 \text{ kg}$$

$$\text{Agré. Grueso} = 1.0257 \times 1018.44 = 1044.61 \text{ kg}$$

2. *Balance de agua = W x % Adsorción*

$$\text{Agré. Fino} = 3.57 - 2.24 = 1.33 \% = +0.0133$$

$$\text{Agré. Grueso} = 2.57 - 1.35 = 1.22 \% = +0.0122$$

3. *Contribución de agua por humedad = Peso corregido x Balance de agua*

$$\text{Agré. Fino} = 676.19 \times 0.0133 = +8.99 \text{ kg}$$

$$\text{Agré. Grueso} = 1044.61 \times 0.0122 = +12.74 \text{ kg}$$

- Paso 12: “Determinación de cantidad de agua neta por m3”

Agua neta = Peso de agua – Agua aportada por humedad de agregados

$$\text{Agua neta} = 184 \text{ kg} - (8.99 \text{ kg} + 12.74 \text{ kg}) = 162.27 \text{ kg} = 162.27 \text{ litros.}$$

Paso 13: “Determinación final por 1m³ de concreto”

Tabla 94 Cuadro de diseño de mezcla para 1 m³ de concreto según su peso y volumen.

Descripción	Volumen Absoluto (m ³)	Peso específico (kg/m ³)	Peso (Kg/m ³)
Agua	0.184	1000	162.27
Cemento	0.123	2820	346.86
Agr. Grueso	0.414	2460	1018.44
Agr. Fino	0.259	2470	639.73
Aire	0.02	0	0
Total	1		2167.3

Fuente: Elaboración propia

- Paso 14: “Determinación final por 0.303 m³ de concreto para 192 muestras de (10 x 20)cm”

Tabla 95 Cuadro de diseño de mezcla para 0.303 m³ de concreto según su peso y volumen.

Descripción	Volumen Absoluto (m ³)	Peso específico (kg/m ³)	Peso (Kg/m ³)
Agua	0.049	302.000	49.006
Cemento	0.037	851.640	104.752
Agr. Grueso	0.125	742.920	307.569
Agr. Fino	0.078	745.940	193.198
Aire	0.006	0.000	0.000
Total	0.295	0.000	654.525

Fuente: Elaboración propia

3.6.10 Análisis del revenimiento del concreto

A. Procesamiento de cálculos.

Para el análisis del revenimiento del concreto se consideró los promedios de cada tanda, con una cantidad de 12 muestras por grupo. Estas medidas se tomaron con ayuda del cono de Abrams que cumple con la NTP 339.035.

Tabla 96 Calculo de slump según series

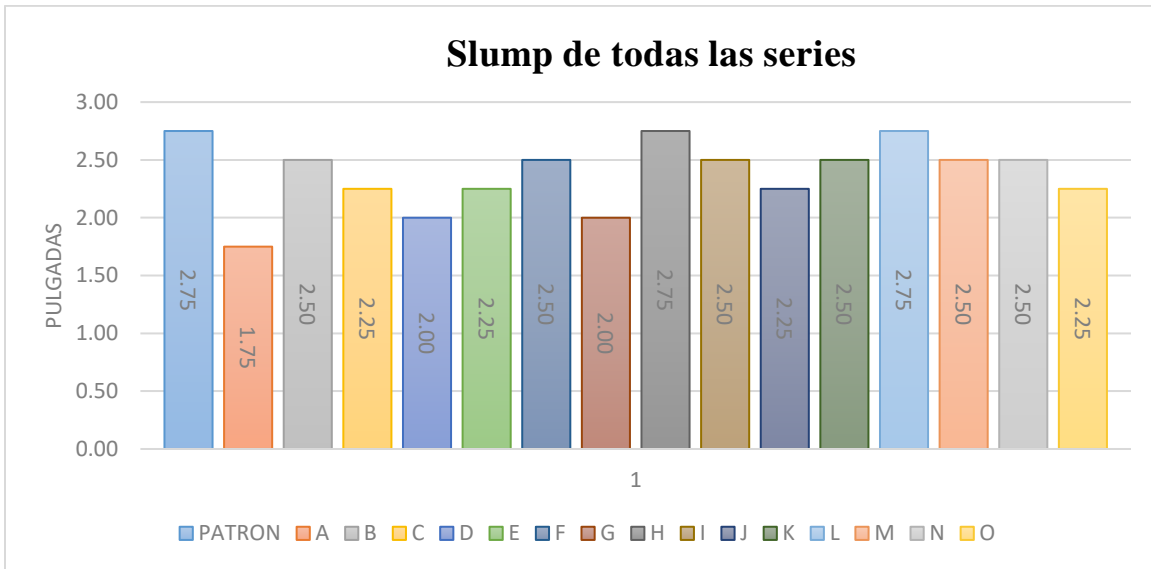
Serie de Vaciado	medida 1	medida 2	medida 3	promedio
	pulgadas			
Patrón	2.78	2.75	2.73	2.75
A	1.78	1.72	1.75	1.75
B	2.50	2.48	2.52	2.50
C	2.28	2.25	2.23	2.25
D	1.98	2.01	2.00	2.00
E	2.23	2.26	2.25	2.25
F	2.50	2.52	2.49	2.50
G	1.99	2.00	2.02	2.00
H	2.76	2.75	2.75	2.75
I	2.50	2.51	2.49	2.50
J	2.25	2.25	2.25	2.25
L	2.75	2.77	2.74	2.75
M	2.50	2.50	2.49	2.50
N	2.50	2.50	2.50	2.50
O	2.23	2.24	2.27	2.25
				2.38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97 Tipo de concreto según su Slump.

Tipo de concreto	Slump	Tipo de mezcla	Concreto según su consistencia
	(Pulg)		
Concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	2.38"	Plástica	Estándar

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba

En nuestro diseño de mezcla se planteó un Slump de 2” – 4” y en campo se obtuvo un promedio de 2.38” lo cual podemos decir que se cumplió con los rangos establecidos.

3.6.11 Análisis de la resistencia a la compresión del concreto

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 98 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie A

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "A"							
N° de briq.	Ø pro 2 (cm)	Seccion 2 (cm²)	h prom. 2 (cm)	Carga rotura (kg)	Rc (kg/cm²)	Rc. prom	σ
A1	10.09	79.88	20.35	24954.00	312.39	306.91	11.01
A2	10.03	78.96	20.38	23456.00	297.04		
A3	10.39	84.70	20.92	26901.00	317.59		
A4	10.15	80.95	20.30	26000.00	321.20		
A5	10.35	84.07	20.32	25828.00	307.22		
A6	10.06	79.45	20.31	24568.00	309.21		
A7	10.16	81.01	20.26	25684.00	317.05		
A8	9.98	78.27	20.56	23058.00	294.58		
A9	10.31	83.50	20.57	25125.00	300.89		
A10	9.93	77.40	21.89	22458.00	290.17		
A11	10.23	82.15	20.26	26485.00	322.41		
A12	10.01	78.67	20.74	23057.00	293.10		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie B

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "B"							
N° de briq.	Ø pro 2 (cm)	Seccion 2 (cm²)	h prom. 2 (cm)	Carga rotura (kg)	Rc (kg/cm²)	Rc. prom	σ
B1	10.19	81.55	20.75	22725.00	278.65	273.13	13.49
B2	10.16	80.99	20.52	21956.00	271.08		
B3	10.01	78.68	20.45	20145.00	256.03		
B4	9.88	76.64	20.18	18458.00	240.86		
B5	10.71	90.07	20.25	25089.00	278.55		
B6	10.26	82.68	20.38	24189.00	292.57		
B7	10.18	81.33	20.75	23008.00	282.90		
B8	10.13	80.66	20.88	22318.00	276.70		
B9	10.58	87.83	20.38	25046.00	285.16		
B10	10.57	87.67	19.75	24568.00	280.25		
B11	10.14	80.72	20.20	21941.00	271.81		
B12	9.95	77.79	20.52	20458.00	263.00		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie C

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "C"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm ²)	(cm)	(kg)	kg/cm ²		
C1	10.42	85.28	20.54	21586.00	253.13	248.50	6.29
C2	9.86	76.37	20.64	19015.00	248.98		
C3	10.50	86.59	20.59	22125.00	255.51		
C4	9.89	76.82	20.44	18567.00	241.69		
C5	10.16	81.14	20.60	19956.00	245.95		
C6	10.10	80.09	20.51	19865.00	248.04		
C7	10.30	83.29	20.58	21186.00	254.36		
C8	10.05	79.33	20.63	18459.00	232.69		
C9	10.33	83.76	20.55	21346.00	254.85		
C10	10.11	80.21	20.48	19632.00	244.75		
C11	10.28	82.92	20.33	20845.00	251.39		
C12	10.36	84.30	20.55	21125.00	250.60		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie D

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "D"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm ²)	(cm)	(kg)	kg/cm ²		
D1	10.19	81.47	20.50	18965.00	232.78	225.03	11.27
D2	10.10	80.04	15.70	17465.00	218.21		
D3	10.17	81.23	20.61	18459.00	227.24		
D4	10.17	81.23	20.60	17987.00	221.43		
D5	10.16	81.03	20.57	17835.00	220.12		
D6	10.23	82.23	20.64	17899.00	217.68		
D7	10.20	81.71	20.61	19635.00	240.29		
D8	10.21	81.87	20.91	20758.00	253.54		
D9	10.16	81.09	20.63	17859.00	220.24		
D10	10.11	80.31	20.58	17600.00	219.15		
D11	10.09	79.98	20.35	17369.00	217.18		
D12	10.08	79.79	20.80	16954.00	212.49		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102103 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie E

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "E"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
E1	10.76	90.85	20.63	19856.00	218.57	199.38	7.53
E2	10.18	81.42	20.75	15542.00	190.88		
E3	10.34	84.00	20.56	16421.00	195.48		
E4	10.59	88.08	20.53	17745.00	201.46		
E5	10.50	86.62	20.60	16999.00	196.24		
E6	10.13	80.60	20.60	15256.00	189.29		
E7	10.47	86.16	20.63	16865.00	195.74		
E8	10.38	84.61	20.90	16700.00	197.39		
E9	10.37	84.52	20.67	16542.00	195.71		
E10	10.54	87.17	20.54	17586.00	201.75		
E11	10.55	87.33	20.44	17725.00	202.96		
E12	10.60	88.16	20.74	18256.00	207.07		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 104 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie F

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "F"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
F1	10.40	84.95	20.76	16000.00	188.35	174.44	8.56
F2	10.26	82.60	20.89	14848.00	179.77		
F3	10.33	83.81	20.73	15789.00	188.39		
F4	10.00	78.56	20.65	13056.00	166.20		
F5	10.08	79.80	20.65	13352.00	167.32		
F6	10.32	83.71	20.87	15684.00	187.36		
F7	10.23	82.26	20.53	14152.00	172.04		
F8	10.11	80.25	20.75	13345.00	166.30		
F9	10.16	80.99	20.71	13685.00	168.96		
F10	10.15	80.95	20.64	13621.00	168.27		
F11	10.20	81.63	20.44	13956.00	170.96		
F12	10.17	81.15	20.72	13748.00	169.41		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie G

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "G"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
G1	10.78	91.27	20.83	15789.00	172.99	160.89	4.03
G2	10.52	86.87	20.65	14268.00	164.24		
G3	10.43	85.44	20.88	13612.00	159.32		
G4	10.45	85.70	20.78	13698.00	159.83		
G5	10.19	81.55	20.91	12900.00	158.18		
G6	10.50	86.59	21.05	13986.00	161.52		
G7	10.47	86.16	20.85	13748.00	159.56		
G8	10.37	84.49	20.97	13560.00	160.49		
G9	10.23	82.21	20.65	12956.00	157.60		
G10	10.09	79.96	20.60	12758.00	159.55		
G11	10.07	79.56	20.65	12685.00	159.43		
G12	10.18	81.41	20.78	12856.00	157.92		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 106 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie H

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "H"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
H1	10.25	82.52	21.18	13128.00	159.10	154.97	7.04
H2	10.21	81.81	21.04	12758.00	155.95		
H3	10.15	80.91	20.93	11986.00	148.13		
H4	9.95	77.76	20.93	11158.00	143.50		
H5	10.25	82.58	20.75	13258.00	160.55		
H6	10.18	81.31	20.82	12000.00	147.58		
H7	10.29	83.18	20.73	13758.00	165.41		
H8	10.24	82.27	21.20	12984.00	157.81		
H9	10.26	82.73	20.75	13587.00	164.24		
H10	10.24	82.27	20.67	12986.00	157.84		
H11	10.04	79.09	20.56	11458.00	144.87		
H12	10.20	81.78	20.59	12648.00	154.66		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 107 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie I

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "I"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm ²)	(cm)	(kg)	kg/cm ²		
I1	10.23	82.11	20.80	11648.00	141.85	145.79	5.26
I2	10.24	82.34	21.38	11815.00	143.49		
I3	10.19	81.54	21.16	11589.00	142.13		
I4	10.25	82.44	20.95	11875.00	144.05		
I5	10.12	80.37	21.05	11534.00	143.51		
I6	10.21	81.84	20.78	11615.00	141.92		
I7	10.31	83.48	20.75	13458.00	161.20		
I8	10.12	80.47	20.72	11548.00	143.51		
I9	10.29	83.23	20.85	12345.00	148.33		
I10	10.30	83.24	21.15	12386.00	148.80		
I11	10.28	82.92	20.78	12287.00	148.18		
I12	10.23	82.13	20.90	11700.00	142.46		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie J

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "J"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm ²)	(cm)	(kg)	kg/cm ²		
J1	10.55	87.42	21.34	11865.00	135.73	125.60	4.89
J2	10.38	84.62	21.05	11345.00	134.07		
J3	10.26	82.60	21.26	10354.00	125.36		
J4	9.93	77.44	21.03	9700.00	125.25		
J5	10.08	79.80	21.20	9745.00	122.12		
J6	10.16	80.99	21.35	9823.00	121.28		
J7	10.30	83.31	20.93	10781.00	129.41		
J8	10.20	81.66	21.20	9856.00	120.69		
J9	10.27	82.81	20.55	10548.00	127.38		
J10	10.10	80.13	21.00	9785.00	122.11		
J11	10.13	80.60	21.28	9810.00	121.72		
J12	10.08	79.80	21.18	9740.00	122.05		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 109 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie K

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "K"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
K1	10.39	84.79	20.70	9716.00	114.60	116.34	1.03
K2	10.03	78.93	21.00	9324.00	118.13		
K3	10.20	81.66	20.80	9471.00	115.97		
K4	10.15	80.91	21.10	9452.00	116.82		
K5	10.20	81.71	20.84	9485.00	116.08		
K6	10.40	84.95	21.08	9945.00	117.07		
K7	10.31	83.42	21.04	9689.00	116.15		
K8	10.36	84.23	21.49	9725.00	115.46		
K9	10.12	80.40	20.23	9431.00	117.29		
K10	10.07	79.69	21.42	9384.00	117.76		
K11	10.30	83.39	20.74	9645.00	115.66		
K12	10.38	84.65	20.78	9747.00	115.14		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 110 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie L

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "L"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
L1	10.48	86.18	20.83	8758.00	101.63	103.63	2.00
L2	10.28	83.00	21.15	8567.00	103.22		
L3	10.46	85.92	20.90	8648.00	100.66		
L4	10.00	78.46	20.85	8324.00	106.09		
L5	10.33	83.76	21.23	8589.00	102.54		
L6	10.00	78.57	20.93	8360.00	106.40		
L7	10.27	82.76	21.18	8525.00	103.01		
L8	10.14	80.75	21.16	8315.00	102.97		
L9	10.02	78.78	21.05	8378.00	106.35		
L10	10.43	85.36	20.95	8625.00	101.05		
L11	9.99	78.38	21.22	8297.00	105.85		
L12	10.17	81.15	21.25	8425.00	103.82		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 111 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie M

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "M"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
M1	10.83	92.03	21.20	4657.00	50.60	48.43	1.23
M2	10.41	85.14	21.23	4159.00	48.85		
M3	10.52	86.97	21.10	4368.00	50.22		
M4	10.15	80.91	21.13	3884.00	48.00		
M5	10.38	84.57	20.80	4144.00	49.00		
M6	10.02	78.84	21.03	3645.00	46.23		
M7	10.33	83.73	21.28	4098.00	48.94		
M8	10.27	82.84	21.28	3945.00	47.62		
M9	10.07	79.56	21.15	3812.00	47.91		
M10	10.43	85.36	21.06	4198.00	49.18		
M11	10.05	79.26	21.34	3725.00	46.99		
M12	10.24	82.27	21.35	3912.00	47.55		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 112 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie N

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "N"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm²)	(cm)	(kg)	kg/cm²		
N1	10.80	91.61	21.05	1845.00	20.14	18.49	1.87
N2	10.62	88.65	21.65	1635.00	18.44		
N3	10.66	89.17	21.05	1685.00	18.90		
N4	10.09	79.94	21.08	1384.00	17.31		
N5	10.43	85.36	21.40	2050.00	24.02		
N6	10.20	81.74	21.13	1412.00	17.27		
N7	10.35	84.12	21.28	1473.00	17.51		
N8	10.38	84.54	21.38	1485.00	17.57		
N9	10.21	81.87	21.38	1448.00	17.69		
N10	10.51	86.67	21.35	1614.00	18.62		
N11	10.07	79.64	21.40	1351.00	16.96		
N12	10.31	83.40	21.46	1460.00	17.51		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 113 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie O

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "O"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm ²)	(cm)	(kg)	kg/cm ²		
O1	10.70	89.92	21.35	825.00	9.17	6.91	1.78
O2	-	-	-	-	-		
O3	-	-	-	-	-		
O4	10.12	80.36	21.32	512.00	6.37		
O5	10.64	88.91	21.25	745.00	8.38		
O6	-	-	-	-	-		
O7	-	-	-	-	-		
O8	10.24	82.29	21.45	542.00	6.59		
O9	-	-	-	-	-		
O10	-	-	-	-	-		
O11	10.08	79.80	21.46	324.00	4.06		
O12	-	-	-	-	-		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 114 Datos obtenidos de la resistencia a la compresión de briquetas de concreto luego de ser sometido a altas temperaturas serie P

Resultados de compresion luego de ser sometido a altas temperaturas - "P"							
N° de briq.	Ø pro 2	Seccion 2	h prom. 2	Carga rotura	Rc	Rc. prom	σ
	(cm)	(cm ²)	(cm)	(kg)	kg/cm ²		
P1	9.83	75.81	19.80	27755.00	366.09	370.82	11.62
P2	9.96	77.91	20.06	29160.00	374.26		
P3	10.22	81.95	19.89	30375.00	370.64		
P4	9.78	75.05	19.80	27080.00	360.85		
P5	10.10	80.04	20.30	28565.00	356.89		
P6	9.92	77.29	19.83	29910.00	386.99		
P7	10.03	78.93	20.08	28935.00	366.58		
P8	10.00	78.46	20.03	31200.00	397.65		
P9	9.78	75.05	19.93	27630.00	368.18		
P10	10.10	80.12	19.88	30405.00	379.50		
P11	9.75	74.66	20.11	26715.00	357.81		
P12	10.00	78.54	20.16	28620.00	364.40		

Fuente: Elaboración propia

B. Análisis de la prueba

Los resultados obtenidos en la prueba a la compresión del concreto muestran una clara disminución de su resistencia

3.6.12 Análisis de resultado a tracción del alambre negro recocido n°8

A. Procesamiento de cálculos.

Tabla 115 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series A

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
A1	4.20	13.85	6.40	0.46	0.01
A2	4.20	13.85	6.30	0.45	
A3	4.20	13.85	6.60	0.48	
A4	4.20	13.85	6.50	0.47	
A5	4.20	13.85	6.70	0.48	
A6	4.20	13.85	6.20	0.45	
A7	4.20	13.85	6.50	0.47	
A8	4.20	13.85	6.40	0.46	
A9	4.20	13.85	6.10	0.44	
A10	4.20	13.85	6.60	0.48	
A11	4.20	13.85	6.50	0.47	
A12	4.20	13.85	6.70	0.48	
Prom.			6.46	0.47	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 116 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series B

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
B1	4.20	13.85	6.70	0.48	0.01
B2	4.20	13.85	6.20	0.45	
B3	4.20	13.85	6.40	0.46	
B4	4.20	13.85	6.20	0.45	
B5	4.20	13.85	6.50	0.47	
B6	4.20	13.85	6.10	0.44	
B7	4.20	13.85	6.50	0.47	
B8	4.20	13.85	6.40	0.46	
B9	4.20	13.85	6.70	0.48	
B10	4.20	13.85	6.50	0.47	
B11	4.20	13.85	6.50	0.47	
B12	4.20	13.85	6.20	0.45	
Prom.			6.41	0.46	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 117 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series C

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
C1	4.20	13.85	6.50	0.47	0.01
C2	4.20	13.85	6.40	0.46	
C3	4.20	13.85	6.70	0.48	
C4	4.20	13.85	6.50	0.47	
C5	4.20	13.85	6.10	0.44	
C6	4.20	13.85	6.40	0.46	
C7	4.20	13.85	6.70	0.48	
C8	4.20	13.85	6.50	0.47	
C9	4.20	13.85	6.60	0.48	
C10	4.20	13.85	6.10	0.44	
C11	4.20	13.85	6.50	0.47	
C12	4.20	13.85	6.70	0.48	
Prom.			6.48	0.47	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series D

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
D1	4.20	13.85	6.40	0.46	0.01
D2	4.20	13.85	6.50	0.47	
D3	4.20	13.85	6.50	0.47	
D4	4.20	13.85	6.30	0.45	
D5	4.20	13.85	6.10	0.44	
D6	4.20	13.85	6.30	0.45	
D7	4.20	13.85	6.40	0.46	
D8	4.20	13.85	6.60	0.48	
D9	4.20	13.85	6.50	0.47	
D10	4.20	13.85	6.70	0.48	
D11	4.20	13.85	6.40	0.46	
D12	4.20	13.85	6.50	0.47	
Prom.			6.43	0.46	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 119 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas series E

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
E1	4.20	13.85	6.50	0.47	0.01
E2	4.20	13.85	6.40	0.46	
E3	4.20	13.85	6.40	0.46	
E4	4.20	13.85	6.50	0.47	
E5	4.20	13.85	6.10	0.44	
E6	4.20	13.85	6.50	0.47	
E7	4.20	13.85	6.40	0.46	
E8	4.20	13.85	6.60	0.48	
E9	4.20	13.85	6.40	0.46	
E10	4.20	13.85	6.50	0.47	
E11	4.20	13.85	6.30	0.45	
E12	4.20	13.85	6.40	0.46	
Prom.			6.42	0.46	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 120 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie F

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
F1	4.20	13.85	6.10	0.44	0.01
F2	4.20	13.85	6.40	0.46	
F3	4.20	13.85	6.70	0.48	
F4	4.20	13.85	6.50	0.47	
F5	4.20	13.85	6.60	0.48	
F6	4.20	13.85	6.50	0.47	
F7	4.20	13.85	6.20	0.45	
F8	4.20	13.85	6.30	0.45	
F9	4.20	13.85	6.50	0.47	
F10	4.20	13.85	6.40	0.46	
F11	4.20	13.85	6.60	0.48	
F12	4.20	13.85	6.10	0.44	
Prom.			6.41	0.46	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 121 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie G

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
G1	4.20	13.85	6.00	0.43	0.01
G2	4.20	13.85	6.30	0.45	
G3	4.20	13.85	5.80	0.42	
G4	4.20	13.85	6.10	0.44	
G5	4.20	13.85	5.90	0.43	
G6	4.20	13.85	6.00	0.43	
G7	4.20	13.85	6.30	0.45	
G8	4.20	13.85	5.80	0.42	
G9	4.20	13.85	6.20	0.45	
G10	4.20	13.85	6.30	0.45	
G11	4.20	13.85	6.00	0.43	
G12	4.20	13.85	6.20	0.45	
Prom.			6.08	0.44	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 122 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie H

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
H1	4.20	13.85	5.80	0.42	0.01
H2	4.20	13.85	5.90	0.43	
H3	4.20	13.85	6.20	0.45	
H4	4.20	13.85	5.90	0.43	
H5	4.20	13.85	6.00	0.43	
H6	4.20	13.85	6.10	0.44	
H7	4.20	13.85	6.20	0.45	
H8	4.20	13.85	5.90	0.43	
H9	4.20	13.85	6.40	0.46	
H10	4.20	13.85	6.30	0.45	
H11	4.20	13.85	6.00	0.43	
H12	4.20	13.85	5.80	0.42	
Prom.			6.04	0.44	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 123 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie I

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
I1	4.20	13.85	6.00	0.43	0.02
I2	4.20	13.85	6.30	0.45	
I3	4.20	13.85	5.70	0.41	
I4	4.20	13.85	6.20	0.45	
I5	4.20	13.85	6.20	0.45	
I6	4.20	13.85	6.00	0.43	
I7	4.20	13.85	5.70	0.41	
I8	4.20	13.85	6.50	0.47	
I9	4.20	13.85	6.20	0.45	
I10	4.20	13.85	5.80	0.42	
I11	4.20	13.85	5.70	0.41	
I12	4.20	13.85	6.40	0.46	
Prom.			6.06	0.44	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 124 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie J

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
J1	4.20	13.85	5.50	0.40	0.01
J2	4.20	13.85	5.90	0.43	
J3	4.20	13.85	6.00	0.43	
J4	4.20	13.85	5.80	0.42	
J5	4.20	13.85	5.70	0.41	
J6	4.20	13.85	6.00	0.43	
J7	4.20	13.85	5.80	0.42	
J8	4.20	13.85	5.80	0.42	
J9	4.20	13.85	6.00	0.43	
J10	4.20	13.85	6.10	0.44	
J11	4.20	13.85	5.90	0.43	
J12	4.20	13.85	6.20	0.45	
Prom.			5.89	0.43	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 125 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie K

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
K1	4.20	13.85	5.90	0.43	0.02
K2	4.20	13.85	5.30	0.38	
K3	4.20	13.85	5.80	0.42	
K4	4.20	13.85	5.90	0.43	
K5	4.20	13.85	6.00	0.43	
K6	4.20	13.85	5.50	0.40	
K7	4.20	13.85	5.60	0.40	
K8	4.20	13.85	5.80	0.42	
K9	4.20	13.85	6.00	0.43	
K10	4.20	13.85	5.80	0.42	
K11	4.20	13.85	5.90	0.43	
K12	4.20	13.85	5.50	0.40	
Prom.			5.75	0.42	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 126 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie L

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
L1	4.20	13.85	5.20	0.38	0.02
L2	4.20	13.85	4.90	0.35	
L3	4.20	13.85	5.60	0.40	
L4	4.20	13.85	5.10	0.37	
L5	4.20	13.85	4.80	0.35	
L6	4.20	13.85	5.20	0.38	
L7	4.20	13.85	4.90	0.35	
L8	4.20	13.85	5.00	0.36	
L9	4.20	13.85	5.10	0.37	
L10	4.20	13.85	4.80	0.35	
L11	4.20	13.85	5.20	0.38	
L12	4.20	13.85	5.10	0.37	
Prom.			5.08	0.37	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 127 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie M

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
M1	4.20	13.85	4.90	0.35	0.02
M2	4.20	13.85	4.50	0.32	
M3	4.20	13.85	5.00	0.36	
M4	4.20	13.85	4.80	0.35	
M5	4.20	13.85	4.60	0.33	
M6	4.20	13.85	4.90	0.35	
M7	4.20	13.85	4.80	0.35	
M8	4.20	13.85	5.10	0.37	
M9	4.20	13.85	4.80	0.35	
M10	4.20	13.85	4.30	0.31	
M11	4.20	13.85	4.90	0.35	
M12	4.20	13.85	5.00	0.36	
Prom.			4.80	0.35	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 128 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie N

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
N1	4.20	13.85	4.60	0.33	0.02
N2	4.20	13.85	4.10	0.30	
N3	4.20	13.85	4.50	0.32	
N4	4.20	13.85	4.80	0.35	
N5	4.20	13.85	4.60	0.33	
N6	4.20	13.85	4.50	0.32	
N7	4.20	13.85	4.70	0.34	
N8	4.20	13.85	4.60	0.33	
N9	4.20	13.85	4.20	0.30	
N10	4.20	13.85	4.20	0.30	
N11	4.20	13.85	4.40	0.32	
N12	4.20	13.85	4.20	0.30	
Prom.			4.45	0.32	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 129 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie O

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
O1	4.20	13.85	4.10	0.30	0.01
O2	4.20	13.85	4.50	0.32	
O3	4.20	13.85	4.30	0.31	
O4	4.20	13.85	4.20	0.30	
O5	4.20	13.85	4.10	0.30	
O6	4.20	13.85	3.90	0.28	
O7	4.20	13.85	4.40	0.32	
O8	4.20	13.85	4.00	0.29	
O9	4.20	13.85	4.10	0.30	
O10	4.20	13.85	4.60	0.33	
O11	4.20	13.85	4.10	0.30	
O12	4.20	13.85	4.30	0.31	
Prom.			4.22	0.30	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 130 Datos obtenidos de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 luego de ser sometido a altas temperaturas serie P

Datos obtenidos del alambre recocido N°8 a tracción luego de ser sometido a altas temperaturas					
N° de briq.	Diámetro	Área	Fuerza	Tensión (σ)	Desviación estandar
	mm	mm ²	kN	kN/mm ²	
P1	4.20	13.85	6.60	0.48	0.01
P2	4.20	13.85	6.40	0.46	
P3	4.20	13.85	6.50	0.47	
P4	4.20	13.85	6.70	0.48	
P5	4.20	13.85	6.30	0.45	
P6	4.20	13.85	6.80	0.49	
P7	4.20	13.85	6.50	0.47	
P8	4.20	13.85	6.70	0.48	
P9	4.20	13.85	6.40	0.46	
P10	4.20	13.85	6.40	0.46	
P11	4.20	13.85	6.40	0.46	
P12	4.20	13.85	6.50	0.47	
Prom.			6.52	0.47	

Fuente: Elaboración propia

3.6.13 Análisis de confiabilidad

Para encontrar la confiabilidad de los resultados se utilizará el Alfa de Cronbach, mediante la varianza de los resultados hallados.

El alfa de Cronbach permite cuantificar el nivel de fiabilidad de una escala de medida para la magnitud inobservable construida a partir de las variables observadas.

Se elaborará el análisis para la resistencia a la compresión de los testigos de concreto luego de ser sometidos a variación de temperaturas, teniendo en cuenta que los resultados hallados generaron una dispersión de valores amplia, y se calculara el Alfa de Cronbach a partir de la siguiente formula:

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \times \left[1 - \frac{\sum_i V_i}{V_t} \right]$$

Contando que como criterio general se sugiere que para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach se tome en cuenta:

-Coeficiente alfa >.9 es excelente
- Coeficiente alfa >.8 es bueno
-Coeficiente alfa >.7 es aceptable
- Coeficiente alfa >.6 es cuestionable
- Coeficiente alfa >.5 es pobre
- Coeficiente alfa <.5 es inaceptable

Figura 37 Criterio de alfa de Cronbach para ver fiabilidad de datos
Fuente: Cronbach, 1951

Tabla 131 Cálculo de alfa de Cronbach para el ensayo de resistencia a la compresión

Temperatura	800 °C	900 °C	1000 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	PATRON	Varianza
Tiempo exp.	30 minutos			60 minutos			90 minutos			120 minutos			180 minutos				
N° de Briq.	Series																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	312.39	278.65	253.13	232.78	218.57	188.35	172.99	159.10	141.85	135.73	114.60	101.63	50.60	20.14	9.17	366.09	10427.79
2	297.04	271.08	248.98	218.21	190.88	179.77	164.24	155.95	143.49	134.07	118.13	103.22	48.85	18.44	-	374.26	10194.57
3	317.59	256.03	255.51	227.24	195.48	188.39	159.32	148.13	142.13	125.36	115.97	100.66	50.22	18.90	-	370.64	10535.77
4	321.20	240.86	241.69	221.43	201.46	166.20	159.83	143.50	144.05	125.25	116.82	106.09	48.00	17.31	6.37	360.85	9856.45
5	307.22	278.55	245.95	220.12	196.24	167.32	158.18	160.55	143.51	122.12	116.08	102.54	49.00	24.02	8.38	356.89	9801.41
6	309.21	292.57	248.04	217.68	189.29	187.36	161.52	147.58	141.92	121.28	117.07	106.40	46.23	17.27	-	386.99	11239.97
7	317.05	282.90	254.36	240.29	195.74	172.04	159.56	165.41	161.20	129.41	116.15	103.01	48.94	17.51	-	366.58	10785.37
8	294.58	276.70	232.69	253.54	197.39	166.30	160.49	157.81	143.51	120.69	115.46	102.97	47.62	17.57	6.59	397.65	11073.92
9	300.89	285.16	254.85	220.24	195.71	168.96	157.60	164.24	148.33	127.38	117.29	106.35	47.91	17.69	-	368.18	10417.67
10	290.17	280.25	244.75	219.15	201.75	168.27	159.55	157.84	148.80	122.11	117.76	101.05	49.18	18.62	-	379.50	10410.73
11	322.41	271.81	251.39	217.18	202.96	170.96	159.43	144.87	148.18	121.72	115.66	105.85	46.99	16.96	4.06	357.81	10351.44
12	293.10	263.00	250.60	212.49	207.07	169.41	157.92	154.66	142.46	122.05	115.14	103.82	47.55	17.51	-	364.40	9909.28
Σ	3682.87	3277.55	2981.96	2700.34	2392.52	2093.33	1930.64	1859.64	1749.44	1507.16	1396.11	1243.58	581.11	221.94	34.57	4449.84	

k	12.00
Σ Vi	125004.36
Vt	1492495.86
α	0.99953973

Al obtener el Alfa de Cronbach se puede inferir que el coeficiente Alfa es “>9”, y nos indica que la confiabilidad de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos de concreto luego de ser sometidos a variación en altas temperaturas es excelente, haciendo que no sea necesario analizar la confiabilidad de los demás resultados calculados en los ensayos de variación dimensional, peso, volumen, densidad y resistencia a la tracción del acero.

Capítulo IV: Resultados

4.1 Resultados obtenidos de revenimiento del concreto

Según los resultados obtenidos por el ensayo de cono de Abrams se tubo los siguientes resultados:

Tabla 132 Resultado de Slump promedio

Revenimiento del concreto	
Serie	Slump
	(pulg)
Patrón	2.75
A	1.75
B	2.50
C	2.25
D	2.00
E	2.25
F	2.50
G	2.00
H	2.75
I	2.50
J	2.25
K	2.50
L	2.75
M	2.50
N	2.50
O	2.25
Prom.	2.38

Fuente: Propia

Como se puede observar en nuestro proceso de mezcla se obtuvo un slump promedio de 2.38” dando una consistencia estándar y un tipo de mezcla plástica.

4.2 Resultados de resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 133 Resultados de resistencia a la compresión de briquetas luego de ser sometidas a altas temperaturas

Resultado de resistencia a la compresión de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón		
Serie	Resistencia a la compresión	% de reducción del f'c de briquetas de concreto
	(kg/cm ²)	
Patrón	370.82 kg/cm ²	0.00%
A	306.91 kg/cm ²	17.24%
B	273.13 kg/cm ²	26.34%
C	248.50 kg/cm ²	32.99%
D	225.03 kg/cm ²	39.32%
E	199.38 kg/cm ²	46.23%
F	174.44 kg/cm ²	52.96%
G	160.89 kg/cm ²	56.61%
H	154.97 kg/cm ²	58.21%
I	145.79 kg/cm ²	60.69%
J	125.60 kg/cm ²	66.13%
K	116.34 kg/cm ²	68.63%
L	103.63 kg/cm ²	72.05%
M	48.43 kg/cm ²	86.94%
N	18.49 kg/cm ²	95.01%
O	6.91 kg/cm ²	98.14%

Fuente: Elaboración propia

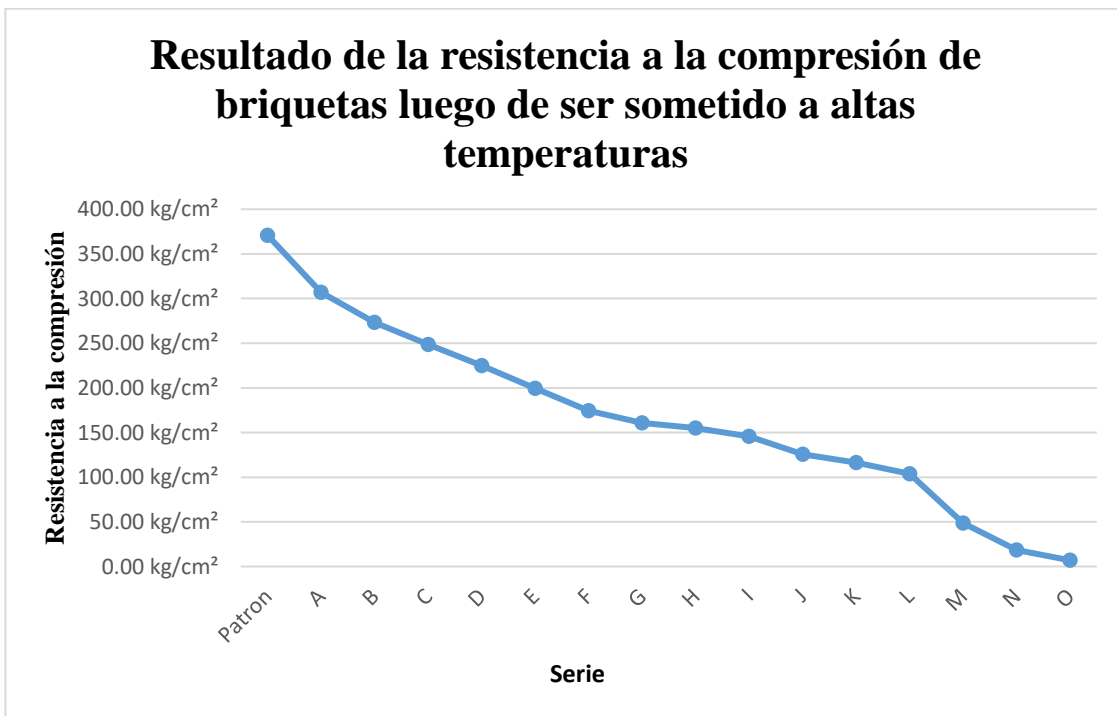


Figura 38 Resultado de resistencia a la compresión de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 134 Resultado a la compresión de las muestras de briquetas $f'c=210\text{kg/cm}^2$, luego de ser sometidas a altas temperaturas.

Resultado a la compresión de las muestras de briquetas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, luego de ser sometidas a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón			
	800 °C	900 °C	1000 °C
30 min	306.91 kg/cm ²	273.13 kg/cm ²	248.50 kg/cm ²
60 min	225.03 kg/cm ²	199.38 kg/cm ²	174.44 kg/cm ²
90 min	160.89 kg/cm ²	154.97 kg/cm ²	145.79 kg/cm ²
120 min	125.60 kg/cm ²	116.34 kg/cm ²	103.63 kg/cm ²
180 min	48.43 kg/cm ²	18.49 kg/cm ²	18.49 kg/cm ²
Patrón	370.82 kg/cm ²		

Fuente: Elaboración propia

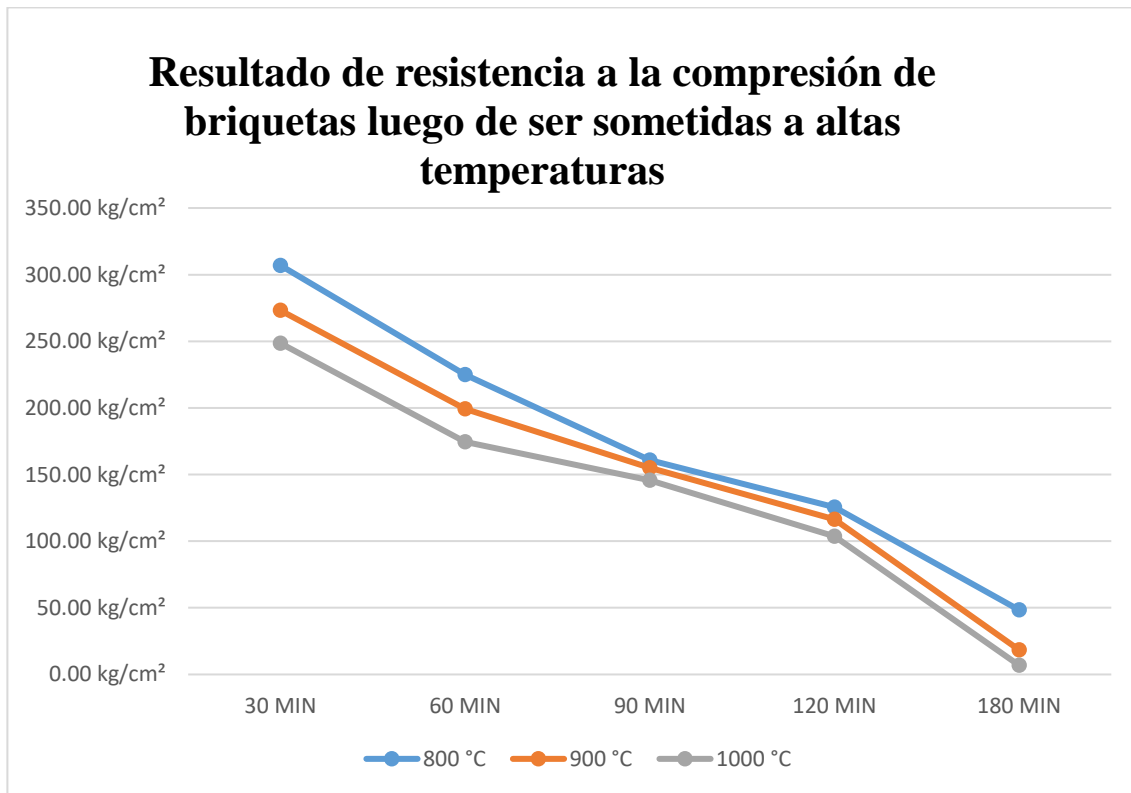


Figura 39 Resultado de resistencia a la compresión de briquetas luego de ser sometidas a variación de temperaturas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 135 Porcentaje de disminución de la resistencia a la compresión de las testigos con respecto a la muestra patrón.

Porcentaje de disminución de las briquetas sometidas a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón			
	800 °C	900 °C	1000 °C
30 min	17.24%	26.34%	32.99%
60 min	39.32%	46.23%	52.96%
90 min	56.61%	58.21%	60.69%
120 min	66.13%	68.63%	72.05%
180 min	86.94%	95.01%	98.14%
Patrón	0.00%		

Fuente: Elaboración propia

4.3 Resultados de resistencia a la tracción del alambre recocido n°8

Tabla 136 Resultado a la tracción del alambre recocido N°8

Resultado a tracción del alambre recocido N°8		
Serie	Tensión (σ)	% de disminución del alambre recocido N°8
	kN/mm²	
Patrón	0.47 kN/mm ²	0.00%
A	0.47 kN/mm ²	0.90%
B	0.46 kN/mm ²	1.66%
C	0.47 kN/mm ²	0.64%
D	0.46 kN/mm ²	1.28%
E	0.46 kN/mm ²	1.53%
F	0.46 kN/mm ²	1.66%
G	0.44 kN/mm ²	6.78%
H	0.44 kN/mm ²	7.29%
I	0.44 kN/mm ²	7.03%
J	0.43 kN/mm ²	9.59%
K	0.42 kN/mm ²	11.76%
L	0.37 kN/mm ²	22.12%
M	0.35 kN/mm ²	26.34%
N	0.32 kN/mm ²	31.71%
O	0.30 kN/mm ²	35.29%

Fuente: Elaboración propia

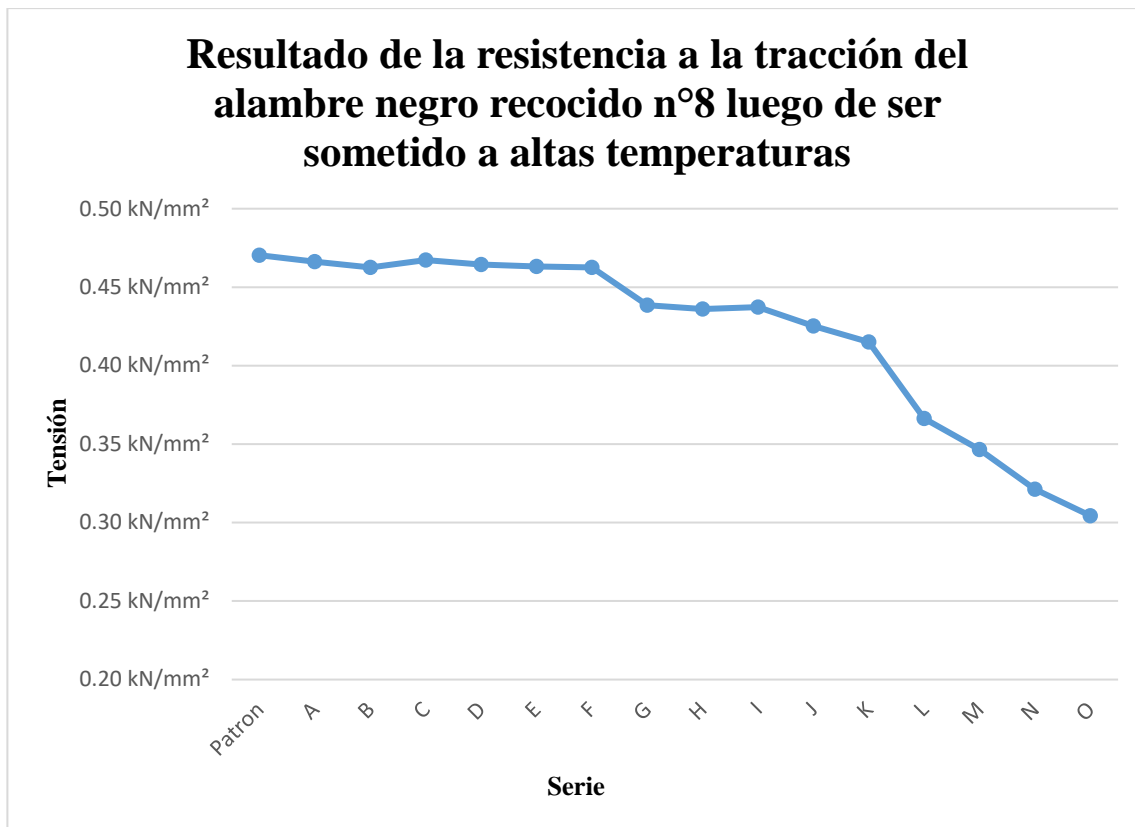


Figura 40 Resultado a tracción del alambre recocido n°8 luego de ser sometido a variación de temperaturas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 137 Resultados a la tracción de alambre recocido N°8 según el tiempo de exposición y la temperatura

Resultado a tracción de alambre negro recocido N°8 según el tiempo de exposición y la temperatura			
	800 °C	900 °C	1000 °C
30 min	0.47 kN/mm ²	0.46 kN/mm ²	0.47 kN/mm ²
60 min	0.46 kN/mm ²	0.46 kN/mm ²	0.46 kN/mm ²
90 min	0.44 kN/mm ²	0.44 kN/mm ²	0.44 kN/mm ²
120 min	0.43 kN/mm ²	0.42 kN/mm ²	0.37 kN/mm ²
180 min	0.35 kN/mm ²	0.32 kN/mm ²	0.30 kN/mm ²
Patrón		0.47 kN/mm ²	

Fuente: Elaboración propia

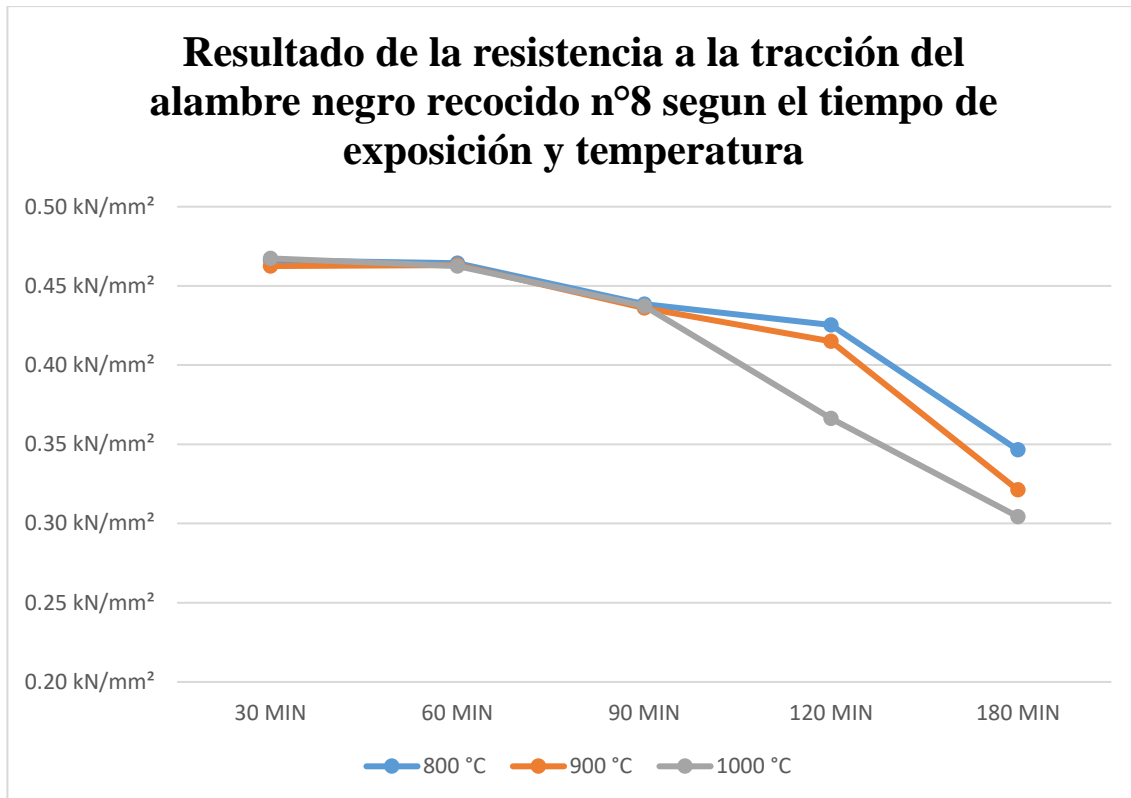


Figura 41 Resultado de resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 según el tiempo de exposición y la temperatura

Fuente: Elaboración propia

Tabla 138 Porcentaje de variación a tracción de alambre recocido N°8

Porcentaje de variación a tracción del alambre recocido N°8			
	800 °C	900 °C	1000 °C
30 min	99.10%	98.34%	99.36%
60 min	98.72%	98.47%	98.34%
90 min	93.22%	92.71%	92.97%
120 min	90.41%	88.24%	77.88%
180 min	73.66%	68.29%	64.71%
Patrón	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

4.4 Resultados de las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 139 Resultado de variación del peso de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas

Resultado de variación del peso de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas		
Serie	Δ Peso	% de disminución de peso de la briketa de concreto
	(g)	
Patrón	0.00 g	0.00%
A	58.33 g	1.47%
B	85.00 g	2.16%
C	68.33 g	1.78%
D	88.33 g	2.30%
E	102.50 g	2.55%
F	102.50 g	2.69%
G	125.00 g	3.20%
H	128.33 g	3.41%
I	146.67 g	3.90%
J	146.67 g	3.92%
K	160.00 g	4.34%
L	184.17 g	5.05%
M	205.00 g	5.70%
N	226.67 g	6.47%
O	310.00 g	9.25%

Fuente: Elaboración propia

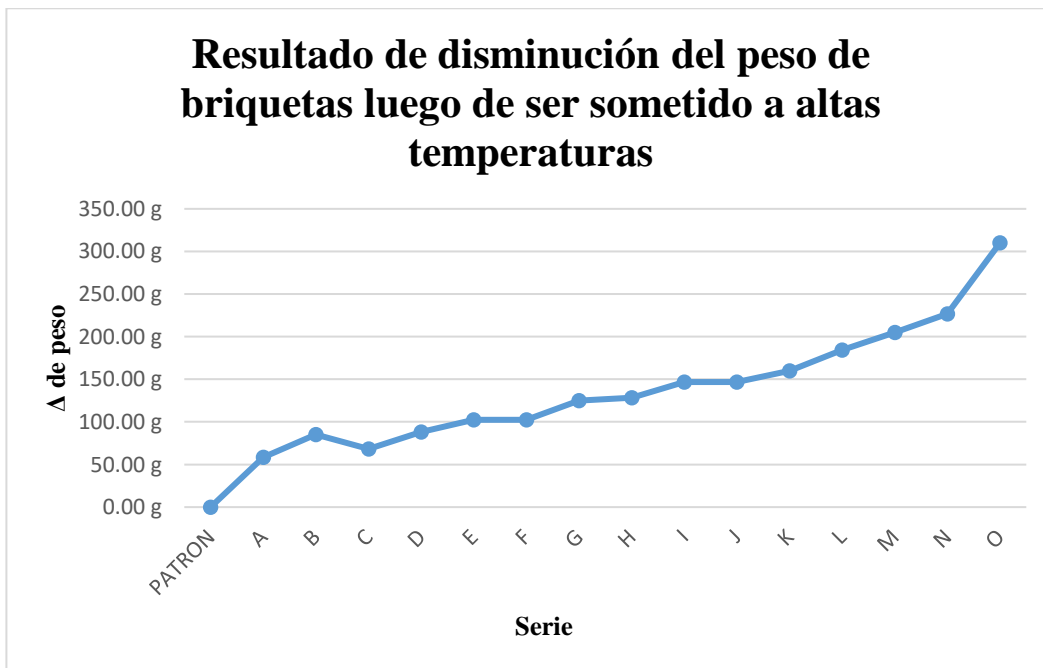


Figura 42 Resultado de variación del peso de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 140 Resultado de variación del volumen de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas

Resultado de variación del volumen de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas		
Serie	Δ Volumen	% de incremento del peso
	(cm ³)	
Patrón	0.00 cm ³	0.00%
A	40.44 cm ³	2.44%
B	62.87 cm ³	3.75%
C	73.31 cm ³	4.36%
D	105.30 cm ³	2.58%
E	97.79 cm ³	5.51%
F	101.46 cm ³	5.99%
G	111.39 cm ³	6.33%
H	118.81 cm ³	6.98%
I	129.13 cm ³	7.51%
J	135.48 cm ³	7.82%
K	146.20 cm ³	8.45%
L	175.01 cm ³	10.12%
M	199.60 cm ³	11.24%
N	228.06 cm ³	12.59%
O	269.45 cm ³	14.83%

Fuente: Elaboración propia

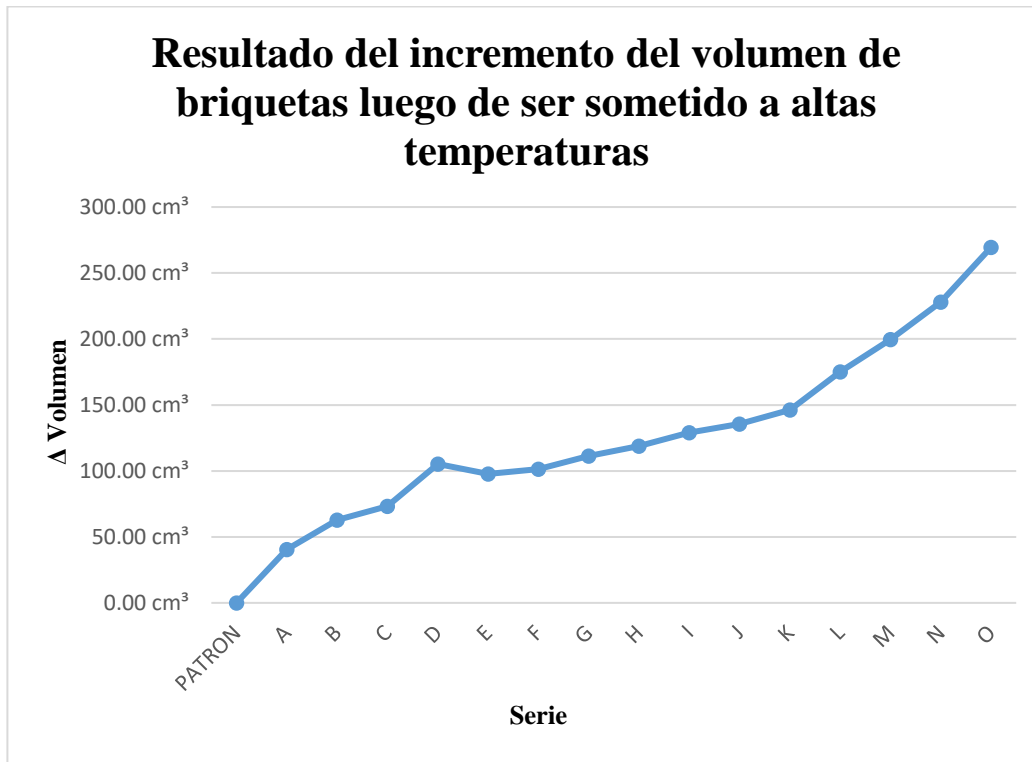


Figura 43 Resultado del incremento del volumen de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 141 Resultado de variación de la densidad de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas

Resultado de variación de la densidad de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas		
Serie	Δ Volumen	% de incremento de la densidad de la briqueta de concreto
	(g/cm ³)	
Patrón	0.00 g/cm ³	0.00%
A	0.09 g/cm ³	3.87%
B	0.14 g/cm ³	5.83%
C	0.15 g/cm ³	6.06%
D	0.12 g/cm ³	4.83%
E	0.19 g/cm ³	7.92%
F	0.20 g/cm ³	8.51%
G	0.22 g/cm ³	9.33%
H	0.24 g/cm ³	10.16%
I	0.26 g/cm ³	11.12%
J	0.27 g/cm ³	11.43%
K	0.29 g/cm ³	12.42%
L	0.34 g/cm ³	14.67%
M	0.37 g/cm ³	16.30%
N	0.40 g/cm ³	18.25%
O	0.50 g/cm ³	22.71%

Fuente: Elaboración propia

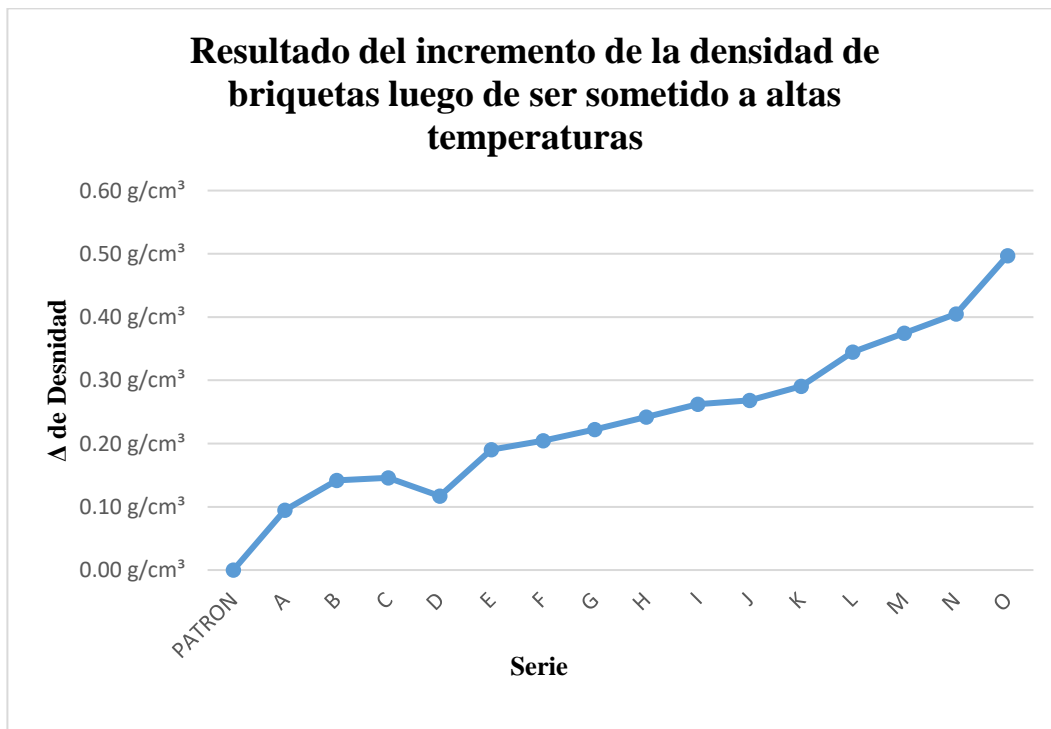


Figura 44 Resultado de variación de la densidad de briquetas luego de ser sometida a altas temperaturas con respecto a la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia



Capítulo V: Discusión

En la presente investigación se buscó la evaluación y análisis del comportamiento de las propiedades físico-mecánicas; las cuales son la resistencia a la compresión de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al ser sometidas a la variación en altas temperaturas.

Se precisa que los agregados utilizados son de la cantera de Cunyac para el agregado fino, y la cantera de Vicho para el agregado fino y grueso.

En base a estos criterios se plantearon ciertos cuestionamientos e interrogantes durante el desarrollo de esta investigación.

Discusión No. 01:

Durante la realización de la investigación ¿Por qué razón se eligió los tiempos de exposición al calor de las briquetas?

Se buscó información la cual nos pueda proporcionar un tiempo adecuado para este estudio la cual va en el rango de 30 minutos hasta los 120 minutos esto en frecuencia de 30 en 30 minutos y un adicional de 180 min para poder interpolar datos.

Discusión No. 02:

Durante la realización de la investigación ¿Dentro del ámbito local y regional en que lugares se puede recabar información sobre el tema?

Dentro de la región del Cusco el único lugar donde se pudo recabar información sobre tiempo y temperatura de exposición fue la Compañía de Bomberos del Cusco B-39.

Discusión No. 03:

Durante la realización de la investigación ¿Por qué motivo se utilizó los agregados de la cantera de Cunyac y Vicho?

El motivo de utilizar dos canteras, fue para cumplir con la Norma Técnica Peruana NTP.400.037, en la cual nos indica los rangos granulométricos, motivo por el cual se utilizó dos canteras en proporciones de 35% de agregado fino de la cantera de Vicho y 65% de agregado fino de la cantera de Cunyac.

Discusión No. 04:

Durante la realización de la investigación ¿Durante la elaboración de la tesis se presentaron problemas y de qué tipo?

Si se presentaron problemas entre ellos tenemos:

- Se pretendía usar solo agregado fino de Cunyac, pero debido a su alta finura se tuvo que dosificar con un porcentaje de agregado fino de Vicho que es un material más granular.



- Se observó que al momento de desencofrar los testigos al día siguiente de su elaboración se fisuraban en la parte inferior del molde debido a la presión del aire.
- Se tuvo dificultades al momento de transportar los testigos del horno donde se expuso a altas temperaturas al laboratorio de la Universidad Andina del Cusco para realizar los ensayos de compresión.
- Se presentó problemas para poder maniobrar los testigos que fueron expuestos a tiempos de 180 min de exposición a altas temperaturas debido a que se encontraban muy frágiles.

Discusión No. 5:

Durante la realización de la investigación ¿Por qué no se usó la norma NTP 339?034 si la norma ASTM C-39?

Se optó por usar la norma americana ASTM C-39 ya que esta nos permite el uso de probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro x 20 cm de altura. La cual norma técnica peruana no lo hace.

Discusión No. 6:

Después de realizar la investigación ¿Qué aporte brinda la investigación?

Tener un mayor conocimiento sobre las fallas que puede presentar un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ luego de ser sometida a un cambio de temperatura.

Discusión No. 7:

Después de realizar la investigación ¿Por qué hay una variación de color en las probetas que superan los 900°C?

Se puede conocer que el concreto al superar un cierto grado de calor puede cambiar su color a tonos rosados o turquesa esto dependiendo del tiempo de exposición y a la temperatura máxima que alcanza.

Discusión No. 8:

Después de realizar la investigación ¿Por qué existe una reducción del peso del concreto antes y después de ser sometido a altas temperaturas?

Pierde peso debido a que el concreto al entrar al horno y ser quemado pierde humedad por lo cual el testigo se vuelve más poroso y menos denso.



Glosario

Alambre

Filamento de acero que se utiliza para hacer amarres, uniones de barras de acero o mallas y que se emplea en el proceso constructivo de losas, columnas vigas y cualquier diseño estructural permitiendo facilitar y que los hierros se transmitan las cargas.

Adosado

Colocar un material junto a otro para que le sirva de respaldo o apoyo.

Aire Incluido

Burbuja de aire incorporadas intencionalmente en el mortero o concreto durante el mezclado usualmente empleando un agente químico.

Álcalis

Reacción química de los metales alcalinos e hidróxidos de amonio para que actúen como bases estabilizadoras en el concreto debido a su solubilidad en el agua.

Alquitranes.

Producto bituminoso negro, viscoso, semisólido, obtenido como residuo de la destilación, en ausencia de aire, de sustancias orgánicas que posean materias volátiles, fundamentalmente, hulla, lignito o madera.

Aparejo

Traba sobre la manera de disponer toda pieza ortoédrica y modulada, en la construcción para garantizar su unidad constructiva. Forma o modo en que quedan colocados los adoquines o piedras. Nombre con el que se denominan las diferentes maneras de colocar los adoquines en la construcción de pavimentos.

ASTM

Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales.

Baches

Pérdida de la carpeta en un lugar puntual de la superficie de rodamiento, motivado por diferentes factores principalmente relacionadas con la calidad de la capa subyacente, la filtración de agua o el progreso de la falla piel de cocodrilo. Lodazales

Bituminosa

Son sustancias de color negro, sólidas o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor y comprenden aquellos cuyo origen son los crudos petrolíferos. carbonoso.

Cales

Término que designa todas las formas físicas en las que puede aparecer el óxido de calcio. Se



obtiene como resultado de la calcinación de las rocas calizas o dolomías

Cales Aéreas

Es aquella que necesita la presencia de aire para fraguar y endurecer. Cuando se amasa y se mezcla con agua, forma una pasta que mejora la trabajabilidad, características de escurrimiento, penetración y la retención de agua de los morteros.

Cangrejeras

Espacios vacíos o de aires que se producen en los elementos de concreto por deficiencia o por exceso de vibrado.

Cimbras

Armazón de madera, metálico u otro material, que sostiene provisionalmente el peso de un Arco, Bóveda o cualquier otra estructura, durante el proceso de construcción de la misma.

Cohesión

Propiedad del concreto que describe la facilidad o dificultad que tiene la pasta de cemento y la mezcla con los agregados, de atraerse para mantenerse como suspensión en el concreto, evitando la disgregación de los materiales. Esto debido al exceso de finos en la arena. A la fuerza de cohesión que es la atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de una sustancia.

Conglomerante

Material que sirve para unir fragmentos, partículas y agregados compactándolas, formando una sola masa.

Curado

El objetivo principal del curado es el de evitar que se evapore el agua de la mezcla, lo que podría producir grietas de retracción debido a la pérdida de humedad y alteraciones en la relación agua/cemento de la mezcla, lo que incide directamente en su resistencia. Para obtener mejores resultados, se recomienda humedecer el concreto durante los primeros 7 días de vaciado.

Diseño de mezclas

Proceso mediante el cual se proyecta el diseño de una determinada mezcla, para una resistencia determinada.

Dosificación

Medida de los ingredientes para una mezcla de hormigón o mortero por peso o por volumen y su introducción en la mezcladora.

**Esclerómetro**

Es un instrumento de medición empleado, generalmente, para la determinación de la resistencia a compresión del concreto.

Escoria

Materia residual de un alto horno que se emplea como capa en la construcción son conglomerantes puzolánicos que, por enfriamiento rápido de una escoria de composición adecuada en estado de fusión, antes de usar se seca y se muele.

Esquistos

Grupo de rocas caracterizadas por la preponderancia de minerales laminares que favorecen su fragmentación en capas delgadas.

Fibra

Material en forma de filamento o de tejido muy usado como refuerzo en la construcción u otros componentes de materia plástica.

Fisuras

Defecto en un elemento o miembro constructivo que puede llegar a causar la rotura del mismo.

Fraguado

El proceso de endurecimiento (fraguado) del concreto se debe a la combinación del agua con las partículas de cemento (hidratación). El control de estas condiciones es vital en el primer proceso de endurecimiento.

Foliación

Disposición en láminas que adquiere la materia que forma ciertas rocas cuando estas se ven sometidas a grandes presiones

Grietas

Hendidura o abertura longitudinal, de ancho mayor de 1 mm, que se hace en un cuerpo sólido producido por diferentes causas tales como acciones exteriores o por defectos del material, dejándole inútil para su posible función estructural, y debilitado para su envoltura.

Híbrido

Elemento que está formado por distintas naturalezas y por ende tendrá un comportamiento diferente, sus propiedades se combinan y participan conjuntamente.

Hidrófilo

Es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua. En una disolución o coloide, las partículas hidrófilas tienden a acercarse y mantener contacto con el agua.

**Intertrabados**

También denominados articulados, capa de rodamiento conformada por elementos uniformes, que se colocan en yuxtaposición adosados y que a través de la junta, permite una transferencia de cargas.

Ligante

Materiales cuya función principal es la de pegar o unir, reciben este nombre porque experimentan una transformación en su morfología física o química o incluso en ambas; al dar cohesión entre dos o más elementos. Se aplica a un sustrato adecuado para crear una capa entre éste y el subsiguiente.

NTP

Normas Técnicas Peruanas, documentos que establecen las especificaciones de calidad de los productos, procesos y servicios.

Pasta

Producto que se obtiene si se mezcla un conglomerante con agua, en función de la proporción de agua que utilicemos, la pasta podrá tener más o menos consistencia

Pasa juntas

Barras de acero liso colocadas transversalmente a las juntas para transferir cargas de tráfico y restringir los movimientos horizontales de las juntas.

PCA

Asociación de Cemento Portland, procedimiento para el diseño de un pavimento rígido.

Plegamientos

Es una deformación de las rocas, generalmente sedimentarias, en la que elementos de carácter horizontal, como los estratos o los planos de esquistosidad, quedan curvados formando ondulaciones alargadas y más o menos paralelas entre sí.

Pulverizados

Reducir a partículas muy pequeñas un sólido para lograr alcanzar propiedades diferentes

Refrendar

Es el procedimiento de aplicación y moldeo sobre una superficie de carga en una probeta de concreto, destinado a corregir los defectos de planeidad y/o paralelismo entre las caras con el fin de obtener una distribución uniforme de tensiones durante la aplicación de la carga.

Senderos De Calzadas

Es la carpeta de rodadura que se forma en una calzada para el paso de vehículos y/o peatones.

Slump

Caracteriza el comportamiento del concreto fresco, o sea, su capacidad para adaptarse al



encofrado o molde con facilidad, manteniéndola homogéneo con un mínimo de vacíos.

Tamaño Máximo

Es el tamaño anterior que aquél a través del cual se requiere que exista un retenido del material.

Tamaño Máximo Nominal

Es la abertura del tamiz en la que se encontró el primer peso del material retenido

Tándem

Elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por una distancia menor a 2,4 metros.

Terracería

Conformado con material producto de corte o de banco, compactado al 90% de su peso volumétrico seco máximo con volúmenes de materiales que se extraen o que sirven de relleno en la construcción de una vía terrestre.

Tierras Diatomeas

La tierra de diatomeas o diatomita es una roca sedimentaria formada por ciertos esqueletos silícicos de algas unicelulares marinas.

Transitabilidad

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

Trefilación

Se entiende por trefilar a la operación de conformación en la reducción de sección de un alambre o varilla haciéndolo pasar a través de un orificio cónico practicado en una herramienta llamada hilera o mandril. Recientemente y por la influencia del inglés han surgido malas traducciones que confunden al mandril con dado. Los materiales más empleados para su conformación mediante trefilado son el acero, el cobre, el aluminio y los latones, aunque puede aplicarse a cualquier metal o aleación dúctil.

Trídem

Elemento constituido por tres ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por distancias menores a 2,4 metros.

Tronzadora

Herramienta eléctrica que se utiliza para cortar materiales (madera, hierro, acero, etc.).



Conclusiones

El presente trabajo de investigación nos permite fortalecer nuestros conocimientos y poder desarrollar de mejor manera un análisis de datos, para así poder llegar a los resultados obtenidos, en donde se ha evaluado y analizado para así poder expresar las siguientes conclusiones:

Conclusión N° 01:

Se logró demostrar la hipótesis general que dice: **“Las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical con respecto a una muestra patrón serán alteradas en relación al tiempo de exposición y grado de temperatura”**. Según los resultados expresados en el capítulo IV en la “Tabla 114: Resultado a la compresión de las muestras de briquetas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ”, la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 tiene la tendencia a disminuir a medida que se incrementa la temperatura, así como al tiempo de exposición, se observa también que la muestra sometida a una temperatura constante pierde su contextura y al superar temperaturas mayores a los 900°C tiende a presentar grietas esto se debe a la pérdida de hidratación del concreto.

Conclusión N° 02:

Se comprobó parcialmente la sub hipótesis N° 1 que dice: **“El valor de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 disminuirá en un rango de 10% a 55% con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación en temperaturas en el rango de 800°C , 900°C y 1000°C ”**. Se pudo verificar la disminución de 10% al 55% que sufrieron los testigos de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 sometidos a tiempos de 30 min y 60 min y en los testigos de mayor tiempo de exposición la disminución supera el 55% llegando hasta los 98.14% en tiempos de 180 min a 1000°C , como se indica en la “Tabla 115: Porcentaje de disminución de la resistencia a la compresión de las testigos con respecto al patrón”

**Conclusión N° 03:**

Se comprobó parcialmente la sub hipótesis N° 2 que dice **“El valor de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido N°8 con un recubrimiento de 5 cm disminuirá en un rango de 0% a 30% con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación en temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C”** Se puede observar que las muestras de alambre negro recocido N°8 disminuyen en relación del tiempo de exposición y grado de temperatura.

Las muestras de las series “A hasta la M” cumplen con la sub hipótesis ya que disminuyen en un rango de 0% a 30% de su resistencia.

Las muestras de las series N y O no cumplen con la sub hipótesis ya que disminuyeron 31.71% y 35.29% respectivamente, como se indica en la “Tabla 116: Resultado a tracción del alambre recocido N°8”

Conclusión N° 04:

Se comprobó con la sub hipótesis N° 3 que dice: **“El peso del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos disminuirá en un rango de 0% a 10% con respecto a una muestra patrón”**. Se observó que todas las series de testigos de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cumplen con la sub hipótesis ya que los rangos de peso están entre 1.47% a 9.25% como se puede comprobar en la “Tabla 119: Resultado de variación del peso de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas”

Conclusión N° 05:

Se comprobó parcialmente con la sub hipótesis N° 4 que dice: **“El volumen del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos incrementará en un rango de 0% a 10% con respecto a una muestra patrón”**. Se observó que las series “A hasta la K” de testigos de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cumplen con la sub hipótesis ya que los rangos de volumen varían entre 2.44% a 8.45%. Por otra parte, las muestras de las series “L hasta la O” no cumplen ya que exceden a los parámetros indicados en la sub hipótesis las cuales varían entre los rangos 10.12% a 14.83%, como se indica en la “Tabla 120: Resultado de variación del volumen de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas”

**Conclusión N° 06:**

Se comprobó parcialmente con la sub hipótesis N° 5 que dice: **“La densidad del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C , 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos incrementará en un rango de 0% a 20% con respecto a una muestra patrón”**. Se observó que las series “A hasta la N” de testigos de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cumplen con la sub hipótesis ya que los rangos de volumen varían entre 3.87% a 18.25%. Por otra parte, la muestra de la serie O no cumple ya que su variación es de 22.71% excediendo a los parámetros indicados en la sub hipótesis, como se indica en la “Tabla 121: Resultado de variación de la densidad de briquetas luego de ser sometido a altas temperaturas”



Recomendaciones

Recomendación No 01:

Se recomienda realizar un diseño de mezcla con una relación agua/cemento mínimo para que al momento de exponer a la variación de temperaturas el concreto no tenga mucha pérdida de agua y pueda conservar su densidad, así como su peso específico.

Recomendación No 02:

Se recomienda la ampliación de esta investigación desarrollando pruebas de resistencia a la compresión con una hidratación inmediata luego de que la muestra sea aislada del calor.

Recomendación No 03:

Se recomienda hacer estudios químicos de concreto para verificar cuanto es el porcentaje de cemento que se pudo haber perdido al momento de ser sometido al calor.

Recomendación No 04:

Se recomienda para las futuras investigaciones elaborar un concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando una varilla de acero corrugado para analizar si el recubrimiento normal de 4cm sea el necesario para proteger sus propiedades de flexión al momento de ser sometido a variación de temperatura

Recomendación No 05:

Se recomienda la implementación de una máquina para ensayo a tracción para distintos materiales que superen los 200kn de fuerza como mínimo, en el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco.

Recomendación No 06:

Se recomienda que al momento de desmoldar las muestras se realice con mucho cuidado de no dañar los bordes superiores, así como inferiores.

Recomendación No 07:

Se recomienda el uso de un horno eléctrico para los ensayos de variación de temperatura para así poder controlar de mejor manera el proceso de cocción de las muestras.

Recomendación No 08:

Se recomienda que al momento de trasladar las muestras del horno al laboratorio de la universidad se tome las medidas necesarias para su conservación y así no dañar las muestras.

Recomendación No 09:

Se recomienda el uso de equipos que sean resistentes al fuego al momento de hacer los ensayos de variación de temperaturas en el lugar donde se encuentre el horno.



Referencias bibliográficas

- Abanto Castillo, F. (2000). *Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: Editorial "San Marcos".
- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del Concreto.- Teoría y Problemas*. Lima, Perú: San Marcos.
- American Society for Testing Materials. (1984). *ASTM C566.- Standard Test Method for Total Moisture Content of Aggregate by Drying*.
- American Society for Testing Materials. (1986). *ASTM Standard C-150.-Standard Specification for Portland Cement*.
- American Society for Testing Materials. (1986). *ASTM Standard C-595.-Standard Specification for Blended Hydraulic Cements*.
- American Society for Testing Materials. (1987). *ASTM Standard C-29.- Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate*.
- American Society for Testing Materials. (2008). *ASTM C192*.
- American Society for Testing Materials. (2008). *ASTM C293*.
- American Society for Testing Materials. (2008). *ASTM C39*.
- American Society for Testing Materials. (2009). *ASTM C127.- Density and absorption of coarse aggregate*.
- American Society for Testing Materials. (2013). *ASTM C33.- Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- Ana, T. C. (s.f.). *Curso Basico de Tecnologia del Concreto de la Universidad Nacional de Ingenieria*.
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*. Atlacomulco, Naucalpán de Juárez, México: McGraw Hill de México S.A. de C.V.
- CANOVAS, M. F. (1988). *Patologia e Terapia do Concreto Armado*. . São Paulo: Ed. PINI.
- CRUZ HERNANDEZ, R. A. (2015). *Physical and Mechanical Characterization of Concrete Exposed to Elevated Temperatures by Using Ultrasonic Pulse Velocity*. Antioquia, Colombia .
- Frederik, L. (1988). *The Chemistry of Cement and Concrete*. Londres: Edward Arnold Publishers.
- Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Pontificia



Universidad Católica del Perú, Fondo editorial.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1991). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Indecopi. (2001). *NTP 400.012.- AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global*.
- INDECOPI. (2002). NTP 400.037.
- Indecopi. (2002). *NTP 400.037.- Especificaciones para agregados*.
- Indecopi. (2009). *NTP 339.034.- Elaboracion y Curado de Especimenes de Concreto en Laboratorio*. Lima.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2014). *Concreto: Materiales para el concreto*. Lima: ICG.
- Laura, S. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Morales Morales, R. (2010). *Diseño en Concreto Armado*. Lima: ICG.
- Moreno Bayardo, M. G. (2000). *Introducción a la metodología de la investigación educativa II*. Guadalajara, Jalisco, México: Editorial Progreso SA.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación.
- NEVILLE, A. (1997). *Propiedades do Concreto* . São Paulo: 2a Ed. PINI.
- Norma E.060-Concreto armado. (2015). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Primera Edición: Julio 2009.
- NTP 339.079. (2012). *Norma Técnica Peruana*.
- Pasquel Carbajal, E. (1993). *Tópicos de Tecnología de Concreto* (Segunda ed.). Lima-Perú: Colegio de Ingenieros dl Perú Consejo Nacional.
- Pasquel Carbajal, E. (1993). *Topicos de Tecnologia del Concreto*. Peru: Primera edicion.
- Philip, O. (1990). *Water and its role in concrete*. USA.
- Popovics, S. (1979). *Concrete: Making Materials*. Mc Graw Hill.
- Popper, K. R. (1980). *La lógica de la investigación científica*. Madrid, España: Tecnos Madrid.
- Rafael, C. H. (1995). *Diseño de Mezclas*. UNI-FIC.



- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2015). *Norma E060 Concreto Armado*. Lima: Macro.
- Rivva López, E. (2000). Lima: AciPerú.
- Rivva Lopez, E. (2010). *Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: Editorial UNI.
- Rivva López, E. (2014). *Concreto: Diseño de Mezclas*. Lima: ICG.
- Robles, C. G. (s.f.). *Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado*. Cuarta Edición.
- S. Merritt, F. (1982). *Manual del Ingeniero Civil*. Mexico: McGraw - Hill.
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá: Bhandar Editores.
- UDDIN, T. C. (1975). *Effects of Elevated Temperature on Structural Member*. USA: Journal of the Structural Division.

Referencias bibliográficas de internet

- <http://www.acerosarequipa.com>. (s.f.). *Alambre negro recocido*.
- *Aceros Arequipa*. (22 de Noviembre de 2018). Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/>



Matriz de Consistencia

Tabla 142 Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
1. PROBLEMAS GENERALES.	1. OBJETIVOS GENERALES.	1. HIPOTESIS GENERAL.	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	
PG.- ¿Cuál es el análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, reforzando con alambre negro recocido n° 8 en forma vertical luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C , 900°C y 1000°C ?	OG.- Analizar las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C , 900°C y 1000°C	HG.- Las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical con respecto a una muestra patrón serán alteradas en relación al tiempo de exposición y grado de temperatura.	Alambre recocido n°8 Agregado Grueso Agregado Fino Cemento Agua potable	longitud (cm) % retenido (kg) % retenido (kg) bolsa m^3	TIPO DE INVESTIGACIÓN Cuantitativa NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo
1. PROBLEMAS ESPECIFICOS.	2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	2. SUB-HIPOTESIS	VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES	
PE1.- ¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzando con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, con referencia a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de	OE1.- Analizar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reforzando con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de	SH1.- El valor de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 disminuirá en un rango de 10% a 55% con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación en temperaturas en	Resistencia a la compresión.	Kg/Cm^2 .	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN Hipotético deductiva DISEÑO Experimental



temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C?	temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C	el rango de 800°C, 900°C y 1000°C			
<p>PE2.- ¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido N°8 con un recubrimiento de 5 cm, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C?</p>	<p>OE2.- Analizar la resistencia a la tracción del alambre negro recocido n°8 con un recubrimiento de 5 cm con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación de temperaturas a 800°C, 900°C y 1000°C</p>	<p>SH2.- El valor de la resistencia a la tracción del alambre negro recocido N°8 con un recubrimiento de 5 cm disminuirá en un rango de 0% a 30% con respecto a una muestra patrón, luego de ser sometida a variación en temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C</p>	Resistencia a la tracción.	Kg/Cm².	<p>POBLACION</p> <p>La población correspondiente a este estudio está conformada por los especímenes de alambre negro recocido adicionado en briquetas de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Asimismo por los especímenes patrón de concreto solo, consistentes en briquetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.</p>
<p>PE3.- ¿Cuál es el análisis comparativo del peso del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a</p>	<p>OE3.- Analizar el peso del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30</p>	<p>SH3.- El peso del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos disminuirá en un rango</p>	Tiempo Temperatura	Minutos Grados °C	<p>CUANTIFICACIÓN</p> <p>La población de la presente investigación consiste en un total de 104 especímenes distribuidos en 80 briquetas adicionadas con alambre</p>



<p>comparación de una muestra patrón?</p>	<p>minutos a comparación de una muestra patrón</p>	<p>de 0% a 10% con respecto a una muestra patrón.</p>			<p>recocido negro N°8 y 24 patrón de concreto solo.</p>
<p>PE4.- ¿Cuál es el análisis del comparativo del volumen de concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón?</p>	<p>OE4.- Analizar el volumen del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón</p>	<p>SH4.- El volumen del concreto $f'c=210$kg/cm² reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos incrementará en un rango de 0% a 10% con respecto a una muestra patrón.</p>	<p>Disminución de temperatura</p>	<p>Minutos</p>	<p>MUESTRA La presente investigación se tiene una población ya delimitada y cuantificada, es por ello que la muestra es igual a la población.</p>
<p>PE5.- ¿Cuál es el análisis del comparativo de la densidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón?</p>	<p>OE5.- Analizar la densidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² reforzado con alambre negro recocido n°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos a comparación de una muestra patrón</p>	<p>SH5.- La densidad del concreto $f'c=210$kg/cm² reforzado con alambre negro recocido N°8 en forma vertical, durante y después de la exposición a temperaturas en el rango de 800°C, 900°C y 1000°C con intervalos de 30 minutos incrementará en un rango de 0% a 20% con respecto a una muestra patrón.</p>	<p>Disminución de temperatura</p>	<p>Minutos</p>	<p>MUESTRA La presente investigación se tiene una población ya delimitada y cuantificada, es por ello que la muestra es igual a la población.</p>

Fuente: Elaboración propia