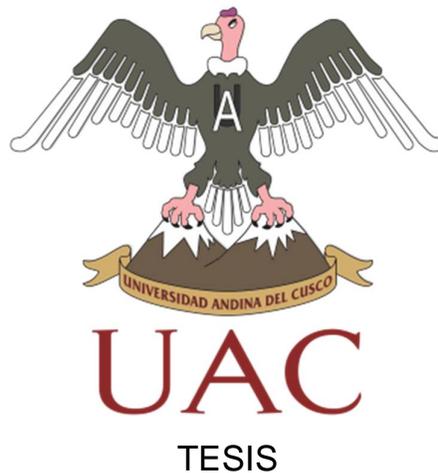




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO
RESPECTO A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y ADHERENCIA ENTRE
CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO, CUSCO - 2018

Presentada por:

Br. Huayta Torres, Yanet

Br. Mamani Callapiña, Elizabet

Para optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO-PERÚ

2018



Dedicatoria

Mi tesis la dedico a mis amados padres y hermano, porque han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos.

Con todo mi amor y cariño a mi amado esposo Eder Jesús por creer en mi capacidad, por sus palabras de aliento, por su amor y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente.

A mí adorada hija Abigail por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más , dedico a ella cada esfuerzo que realicé, agradezco a Dios por darme tan hermosa compañía y motivación así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Br. Yanet Huayta Torres

A Dios por haberme permitido culminar la tesis dándome salud, perseverancia además de su bondad y amor.

A mi madre y hermano, por su apoyo constante y haberme acompañado en todo el transcurso para la realización de la tesis.

Br. Elizabet Mamani Callapiña



Agradecimientos

A mis padres y hermano por darme la oportunidad y recursos para lograrlo; quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer, así pude seguir adelante, ser perseverante y cumplir con mis ideales.

A mí querido esposo Eder porque siempre ha estado brindándome su comprensión, confianza, cariño y amor.

Br. Yanet Huayta Torres

A Dios por haberme permitido culminar la tesis dándome salud, perseverancia además de su bondad y amor.

A mi madre y hermano, por su apoyo constante y haberme acompañado en todo el transcurso para la realización de la tesis.

Br. Elizabet Mamani Callapiña

A nuestro Asesor Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez por su apoyo y paciencia para la culminación de la tesis y sobretodo su ejemplo profesional.

Tesistas.



Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó bajo la metodología descriptiva- hipotético deductiva, dicho trabajo de investigación evalúa la incidencia del tiempo de curado del concreto respecto a la resistencia a compresión y a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo, utilizando de base las normas que nos proporcionan las especificaciones en las cuales debemos basar la elaboración de las probetas y las diferentes condicionantes que debemos tomar en cuenta.

Se usaron las normas ASTM C-881, (Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete), Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas, esta norma hace referencia al método que cubre la determinación del sistema a base de resinas epóxicas, su manipulación, aplicación y el cuidado que se debe tener al manejarlas.

Para la elaboración de la probeta se utilizó la norma ASTM C- 882, (Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete), Método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto, esta norma proporciona datos específicos de las dimensiones que debe guardar el espécimen y sobre el ensayo.

El procedimiento que se siguió comienza con la elaboración de los especímenes, tomando en consideración las dimensiones y forma que exige la norma, se hizo el vaciado de la primera parte de los cilindros con la forma especificada por la norma, cabe mencionar que la prueba se realizó con un concreto antiguo de un día de edad al que se le aplicó el puente de adherencia y luego se colocó concreto fresco para completar el cilindro.

Los resultados son comparados con cilindros patrón, los cuales proporcionaron una referencia directa del comportamiento que se espera que los especímenes mantengan. La investigación permitió observar el desarrollo comparativo de la resistencia a compresión de los especímenes donde se observó y se llegó a la conclusión de que en términos generales la resistencia a compresión de un concreto con puente de adherencia mantiene valores similares frente a la resistencia a compresión alcanzada por un concreto tradicional patrón.

Palabras clave: Resistencia a compresión, adherencia, concreto antiguo, concreto nuevo, curado.



Abstract

The present research work was carried out under the descriptive - hypothetical deductive methodology, said research work evaluates the incidence of concrete curing time with respect to the compressive strength and adhesion between old concrete and new concrete, using the standards They provide us with the specifications on which we must base the elaboration of the test tubes and the different conditions that we must take into account.

The standards ASTM C-881, (Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete), Specifications for adhesion systems for concrete based on epoxy resins were used, which is the one that refers to the method that covers the determination of the system based on epoxy resins, their handling, application and the care that must be taken when

For the preparation of the test piece, reference should be made to ASTM C-882, (Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used with Concrete), Standard Test Method for Adhesion Strength in Epoxy Based Systems of resin used with concrete, this standard provides data specific to the dimensions that the specimen must keep.

The procedure followed begins with the preparation of the specimens, taking into consideration the dimensions and form required by the standard. The emptying of the first part of the cylinders was done with the form specified by the norm, it is worth mentioning that the test was made with an old concrete of one day of age to which the adhesion bridge was applied and then fresh concrete was placed to complete the cylinder.

The results are compared with standard cylinders, which provide a direct reference of the behavior that the specimens are expected to maintain. The investigation allowed observing the comparative development of the compressive strength of the specimens where it was observed and it was concluded that in general terms the compressive strength of a concrete with adherence bridge maintains similar values compared to the compression resistance achieved for a traditional concrete pattern.

Keywords: Compression resistance, adherence, old concrete, new concrete, cured.



Introducción

En condiciones ideales, toda estructura de concreto armado debe ser monolítica, sin embargo, generalmente por la envergadura de éstas y la imposibilidad de colocar grandes volúmenes de concreto que son necesarios para su construcción sin interrupciones es normal la aparición de juntas, lo anterior implica que estas juntas deben ser capaces de transferir los esfuerzos de corte y tracción a través de la interfaz entre los concretos que conforman el elemento estructural en dos etapas.

En el área de construcción a menudo pueden encontrarse obras en las cuales se necesita que exista una adecuada adherencia entre un concreto antiguo y un concreto nuevo, para que así cumplan los requerimientos de diseño.

Esta investigación permitió realizar pruebas de laboratorio para determinar las características de la adherencia utilizados para la unión de concreto nuevo con concreto antiguo, realizando comparaciones de la resistencia a compresión del concreto para diferentes tiempos de curado.

Dichas pruebas se realizaron según lineamientos de la norma ASTM C-881 (Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete), especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas.

La elaboración de los especímenes de concreto está especificada en la norma ASTM C-882 (Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete), método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto.



Índice general

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract	iv
Introducción	v
Índice general	vi
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras	xviii
Capítulo 1: Planteamiento del problema	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema.....	1
1.1.2.1. Problema general... ..	1
1.1.2.2. Problemas específicos... ..	1
1.2. Justificación e importancia del problema.....	2
1.2.1. Justificación técnica	2
1.2.2. Justificación social.....	2
1.2.3. Justificación por viabilidad	3
1.2.4. Justificación económica	3
1.3. Limitaciones de la investigación	4
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
Capítulo 2: Marco teórico	6
2.1. Antecedentes de la tesis.....	6
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional	6
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional	6
2.2. Aspectos teóricos pertinentes	8



2.2.1. Concreto	8
2.2.1.1. Componentes del concreto	9
2.2.2. Granulometría del agregado fino	15
2.2.2.1. Módulo de finura	16
2.2.3. Granulometría del agregado grueso	16
2.2.4. Expresión de la granulometría.....	18
2.2.4.1. Tamaño máximo	18
2.2.4.2. Tamaño máximo nominal.....	18
2.2.5. Peso específico del agregado	19
2.2.5.1. Peso específico.....	19
2.2.5.2. Peso específico aparente.....	19
2.2.5.3. Peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS).....	19
2.2.5.4. Porosidad y absorción	20
2.2.6. Cálculo	21
2.2.6.1. Agregado grueso	21
2.2.6.2. Agregado fino	21
2.2.7. Peso unitario de agregado.....	22
2.2.8. Cálculos	22
2.2.9. Contenido de humedad del agregado	23
2.2.10. Adhesivos	24
2.2.10.1. Adherencia.....	25
2.2.10.2. Tipos de adhesión	25
2.2.10.3. Adhesivos látex.....	25
2.2.11. Normas que regulan el ensayo	31
2.2.11.1. Norma ASTM C-881-90	31
2.2.11.2. Norma ASTM C- 882-99	31
2.2.12. Funcionalidad en unión de concreto nuevo con concreto antiguo.....	31
2.2.13. Rendimiento de la junta adhesiva frente a agentes externos	31
2.2.13.1. Consecuencias.....	32
2.2.14. Pasos para el proporcionamiento: método ACI.....	34



2.2.14.1. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr}).....	34
2.2.14.2. Elaboración de especímenes	45
2.2.15. Propiedades del concreto en estado fresco	48
2.2.15.1. Consistencia del concreto	48
2.2.15.2. Aire en el concreto	52
2.2.16. Propiedades del concreto endurecido.....	53
2.2.16.1. Resistencia a compresión	53
2.2.16.2. Mecanismo de fractura del concreto sujeto a la compresión.....	53
2.3. Hipótesis	55
2.3.1. Hipótesis general.....	55
2.3.2. Sub hipótesis.....	55
2.4. Variables e indicadores	56
2.4.1. Variables dependientes.....	56
2.4.2. Indicadores de variables dependientes	56
2.4.3. Variables independientes.....	56
2.4.4. Indicadores de variables independientes	56
2.4.5. Operacionalización de las variables.....	57
Capítulo 3: Metodología	58
3.1. Metodología de investigación.....	58
3.1.1. Tipo de investigación.....	58
3.1.2. Nivel de la investigación	58
3.1.3. Esquema metodológico de la investigación	58
3.2. Diseño de la investigación.....	59
3.2.1. Diseño metodológico	59
3.2.2. Diseño de ingeniería.....	59
3.3. Población y muestra	61
3.3.1. Descripción de la población	61
3.3.2. Descripción de la muestra	61
3.3.3. Criterios de evaluación de la muestra	62
3.3.4. Criterios de inclusión	62



3.3.4.1. Concreto	62
3.4. Instrumentos	63
3.4.1. Instrumentos de recolección de datos	63
3.4.1.1. Instrumentos de recolección de datos para el diseño de mezcla patrón.....	63
3.4.1.2. Instrumentos de recolección de datos para la elaboración de especímenes	65
3.4.1.3. Instrumentos de recolección de datos para los ensayos en el concreto.....	69
3.4.2. Instrumentos de ingeniería	70
3.4.2.1. Instrumentos de ingeniería para el diseño de mezcla patrón.....	70
3.4.2.2. Instrumentos de recolección de datos para la elaboración de especímenes	71
3.4.2.3. Instrumentos de recolección de datos para los ensayos	71
3.5. Procedimientos de recolección de datos	72
3.5.1. Procedimiento de recolección de datos para el diseño de mezcla patrón.....	72
3.5.1.1. Procedimiento para el muestreo de los agregados.....	72
3.5.1.2. Ensayo de granulometría de los agregados (NTP 400.012:2013. agregados. análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global)	74
3.5.1.3. Ensayo de peso específico del agregado fino (NTP 400.022:2013. agregados. método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino)	78
3.5.1.4. Ensayo de peso específico del agregado grueso (NTP 400.021:2002. agregados método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso)	82
3.5.1.5. Ensayo de peso unitario de los agregados (NTP 400.017:2011. agregados método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado).....	84
3.5.1.6. Ensayo de contenido de humedad de los agregados (NTP 339.185:2013. agregados método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado).....	88



3.5.1.7. Estudio del puente de adherencia.....	90
3.5.2. Procedimiento de recolección de datos en la elaboración de especímenes: NTP 339.183:2013. concreto práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio	91
3.5.2.1. Tratamiento del agregado.....	91
3.5.2.2. Proporcionamiento y colocado del concreto	91
3.5.2.3. Elaboración de especímenes	92
3.5.2.3.1. Elaboración de briquetas de concreto tradicional	92
3.5.2.3.2. Elaboración de briquetas de concreto con puente de adherencia.....	95
3.5.2.3.3. Ensayo de compresión uniaxial	98
3.6. Procedimientos de análisis de datos.....	99
3.6.1. Granulometría del agregado fino	100
3.6.1.1. Granulometría del agregado fino	100
3.6.1.2. Granulometría del agregado grueso	103
3.6.1.3. Peso específico y absorción del agregado fino	105
3.6.1.4. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	106
3.6.1.5. Peso unitario del agregado grueso	107
3.6.1.6. Contenido de humedad de los agregados	108
3.6.2. Análisis de datos para el diseño de mezcla	111
3.6.3. Análisis de datos de la resistencia a compresión ($f'c$)	114
Capítulo 4: Resultados	120
4.1. Resultados de los ensayos realizados a los agregados	120
4.1.1. Granulometría de los agregados	120
4.1.1.1. Granulometría del agregado fino	120
4.1.1.2. Granulometría del agregado grueso	121
4.1.1.3. Propiedades de los agregados	122
4.2. Resultados de la resistencia a compresión ($f'c$) de las muestras de concreto	123
4.2.1. Resultados de la resistencia a compresión del concreto – 1 día de curado y Resistencia a compresión a 7 días	123



4.2.2. Resultados de la resistencia a compresión del concreto – 1 día de curado y resistencia a compresión a 28 días..... 125

4.2.3. Resultados de la resistencia a compresión del concreto – 7 días de curado del concreto y resistencia a compresión a 7 días..... 128

4.2.4. Resultados de la resistencia a compresión del concreto – 7 días de curado del concreto y resistencia a compresión a 28 días..... 131

4.2.5. Resultados de la resistencia a compresión del concreto – 14 días de curado del concreto y resistencia a compresión a 28 días..... 134

4.2.6. Resultados de la resistencia a compresión del concreto – 28 días de curado del concreto y resistencia a compresión a 28 días..... 137

4.3. Desarrollo de la resistencia a compresión de las probetas 140

4.4. Resultados de la resistencia a compresión (f'_c) en el plano de corte de las muestras de concreto... 144

4.4.1. Resultados de la resistencia a compresión del concreto en el plano de corte – 1 día de curado y resistencia a compresión a 7 días 144

4.4.2. Resultados de la resistencia a compresión del concreto en el plano de corte – 1 día de curado y resistencia a compresión a 28 días 146

4.4.3. Resultados de la resistencia a compresión del concreto en el plano de corte – 7 días de curado y resistencia a compresión a 7 días 147

4.4.4. Resultados de la resistencia a compresión del concreto en el plano de corte – 7 días de curado y resistencia a compresión a 28 días..... 148

4.4.5. Resultados de la resistencia a compresión del concreto en el plano de corte – 14 días de curado y resistencia a compresión a 28 días..... 149

4.4.6. Resultados de la resistencia a compresión del concreto en el plano de corte – 28 días de curado y resistencia a compresión a 28 días... 150

4.5. Desarrollo de la resistencia a compresión en el plano de corte de las probetas con puente de adherencia..... 151

4.6. Evaluación estadística de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto..... 153

Capítulo 5: Discusión 156



Glosario	168
Conclusiones	172
Recomendaciones	174
Índice de referencias	175
Anexos	176
Matriz de consistencia	177
Panel fotográfico	178
Ficha técnica del cemento.....	183
Ficha técnica del puente de adherencia	188
Ficha de datos de ensayos de laboratorio.....	193



Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de cemento de la ASTM C 150.....	9
Tabla 2: Componentes en el agua y sus efectos	11
Tabla 3: Requisitos que debe cumplir el agua	12
Tabla 4: Clasificación según su origen: Norma Británica nro. 812	13
Tabla 5: Clasificación según el tamaño	14
Tabla 6: Clasificación según su densidad.....	14
Tabla 7: Clasificación según su forma y textura superficial	15
Tabla 8: Límites granulométricos agregado fino	16
Tabla 9: Límites granulométricos del agregado grueso	17
Tabla 10. Factores de corrección método 2	35
Tabla 11: Factores de corrección – sin desviación estándar	36
Tabla 12: Clases de mezclas según su asentamiento.....	36
Tabla 13: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	37
Tabla 14: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máx. de agregado	38
Tabla 15: Contenido de agua de mezcla	39
Tabla 16: Contenido de agua de mezcla	40
Tabla 17: Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición.....	41
Tabla 18: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto	42
Tabla 19: Variables e indicadores	56
Tabla 20: Variables de la investigación	57
Tabla 21: Cuadro de metodología de la tesis	58
Tabla 22: Cantidad de muestras de concreto para el ensayo a compresión.....	61
Tabla 23: Granulometría: datos obtenidos – agregado fino mejorado	76
Tabla 24: Granulometría: datos obtenidos – piedra vicho 1”	78
Tabla 25: Peso específico: arena fina mejorada	82



Tabla 26: Peso específico: piedra de vicho 1”	84
Tabla 27: Peso unitario compactado: piedra de vicho 1”	86
Tabla 28: Peso unitario suelto: piedra de vicho 1”	88
Tabla 29: Contenido de humedad: piedra de vicho 1”	89
Tabla 30: Contenido de humedad: agregado fino mejorado	89
Tabla 31: Dimensiones de la probeta con puente de adherencia	95
Tabla 32: Análisis de la granulometría de la arena de mina roja	100
Tabla 33: Análisis de la granulometría de la arena de Cunyac	101
Tabla 34: Análisis de la granulometría de la arena de Mina Roja y Cunyac	102
Tabla 35: Análisis de la granulometría del agregado grueso Vicho 1”	104
Tabla 36: Análisis del peso específico del agregado fino mejorado	105
Tabla 37: Análisis del peso específico del agregado grueso Vicho 1”.....	106
Tabla 38: Análisis del peso unitario compactado del a. grueso Vicho 1”	107
Tabla 39: Análisis del peso unitario suelto del agregado grueso Vicho 1”	108
Tabla 40: Análisis del contenido de humedad del agregado grueso Vicho 1”	109
Tabla 41: Contenido de humedad del agregado fino mejorado	110
Tabla 42: Resumen de datos para el diseño de mezclas	111
Tabla 43: Combinación de agregado	111
Tabla 44: Datos generales	111
Tabla 45: Resistencia media necesaria	112
Tabla 46: Proporciones en peso de los materiales antes de la corrección por humedad y absorción.....	112
Tabla 47: Proporciones en peso de los materiales después de la corrección por humedad y absorción.....	113
Tabla 48: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de adherencia -curado del concreto de 1 día y resistencia a la compresión a 7 días.....	114
Tabla 49: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de adherencia – curado del concreto de 1 día y resistencia a la compresión a 28 días	115



Tabla 50: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de adherencia – curado del concreto de 7 días y resistencia a la compresión a 7 días 116

Tabla 51: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de Adherencia – curado del concreto de 7 días y resistencia a la compresión a 28 días..... 117

Tabla 52: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de Adherencia – curado del concreto de 14 días y resistencia a la compresión a 28 días..... 118

Tabla 53: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de Adherencia – curado del concreto de 28 días y resistencia a la compresión a 28 días..... 119

Tabla 54: Propiedades de los agregados 122

Tabla 55: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de adherencia – curado del concreto de 1 día y resistencia a la compresión a 7 días..... 123

Tabla 56: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de Adherencia – curado del concreto de 1 día y resistencia a la compresión a 28 días..... 126

Tabla 57: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de adherencia – curado del concreto de 7 días y resistencia a la compresión a 7 días..... 129

Tabla 58: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de Adherencia – curado del concreto de 7 días y resistencia a la compresión a 28 días 132

Tabla 59: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de adherencia – curado del concreto de 14 días y resistencia a la compresión a 28 días..... 135

Tabla 60: Resultado de la resistencia a la compresión con y sin puente de



adherencia – curado del concreto de 28 días y resistencia a la compresión a 28 días 138

Tabla 61: Promedio de resistencias a compresión de las briquetas patrón y las briquetas con puente de adherencia 140

Tabla 62: Resultado de la resistencia a la compresión en el plano de corte de las muestras de concreto con puente de adherencia – 1 día de curado del concreto y resistencia a la compresión a 7 días... 145

Tabla 63: Resultado de la resistencia a la compresión en el plano de corte de las muestras de concreto con puente de adherencia – 1 día de curado del concreto y resistencia a la compresión a 28 días.... 146

Tabla 64: Resultado de la resistencia a la compresión en el plano de corte de las muestras de concreto con puente de adherencia –7 días de curado del concreto y resistencia a la compresión a 7 días..... 147

Tabla 65: Resultado de la resistencia a la compresión en el plano de corte de las muestras de concreto con puente de adherencia –7 días de curado del concreto y resistencia a la compresión a 28 días... 148

Tabla 66: Resultado de la resistencia a la compresión en el plano de corte de las muestras de concreto con puente de adherencia –14 días de curado del concreto y resistencia a la compresión a 28 días.... 149

Tabla 67: Resultado de la resistencia a la compresión en el plano de corte de las muestras de concreto con puente de adherencia –28 días de curado del concreto y resistencia a la compresión a 28 días... 150

Tabla 68: Promedio de resistencias a compresión en el plano de corte de las briquetas con puente de adherencia..... 151

Tabla 69: Valores de dispersión en el control del concreto...154

Tabla 70: Comparación de los patrones de falla de las briquetas con y sin puente de adherencia: 1 día de curado - compresión a 7 días 161

Tabla 71: Comparación de los patrones de falla de las briquetas con y sin puente de adherencia: 1 día de curado - compresión a 28 días 162

Tabla 72: Comparación de los patrones de falla de las briquetas con y sin



puente de adherencia: 7 días de curado – compresión a 7 días	163
Tabla 73: Comparación de los patrones de falla de las briquetas con y sin	
puente de adherencia: 7 días de curado - compresión a 28 días	164
Tabla 74: Comparación de los patrones de falla de las briquetas con y sin	
puente de adherencia: 14 días de curado - compresión a 28 días	165
Tabla 75: Comparación de los patrones de falla de las briquetas con y sin	
puente de adherencia: 28 días de curado - compresión a 28 días	166



Índice de Figuras

Figura 1: Variación de las proporciones usadas en concreto en volumen absoluto	8
Figura 2. Condiciones de humedad del agregado	20
Figura 3. Esquema de una unión adhesiva	24
Figura 4. Esquema básico de la unión adhesiva	27
Figura 5. Requerimientos en uniones adhesivas	29
Figura 6. Clasificación de acuerdo a la consistencia del concreto	50
Figura 7. Asentamiento del concreto con el cono de Abrams	51
Figura 8. Características del cono de Abrams	52
Figura 9. Diagrama de flujo del diseño de ingeniería	60
Figura 10. Formato de recolección de datos para la granulometría de los agregados finos	64
Figura 11. Formato de recolección de datos para la granulometría de los agregados gruesos	65
Figura 12. Formato de recolección de datos para el peso específico del agregado fino	66
Figura 13. Formato de recolección de datos para el peso específico del agregado grueso	66
Figura 14. Formato de recolección de datos para el peso unitario de los agregados	67
Figura 15. Formato de recolección de datos para el contenido de humedad de los Agregados	67
Figura 16. Formato de recolección de datos elaboración de especímenes	68
Figura 17. Formato de recolección de datos del ensayo de cono de Abrams	69
Figura 18. Formato de recolección de datos para el ensayo de medición de la resistencia a la compresión del concreto	70
Figura 19. Cuarteo – ruma de agregado.....	72
Figura 20. Cuarteo – división del agregado en 04 partes	73
Figura 21. Cuarteo – selección de las partes opuestas iguales.....	73



Figura 22. Mezcla de arena de Cunyac y arena de Mina Roja 74

Figura 23. Granulometría A. fino – tamizado 75

Figura 24. Granulometría A. fino– registro del peso retenido 75

Figura 25. Tamizado mecánico del agregado grueso 77

Figura 26. Tomando datos del peso retenido de la piedra de Vicho 77

Figura 27. Saturación del agregado fino 79

Figura 28. Secado del agregado fino – peso específico 79

Figura 29. Aplicación del cono de absorción..... 80

Figura 30. Eliminación del aire con bomba de vacíos..... 80

Figura 31. Eliminación del aire usando la bomba de vacíos..... 81

Figura 32. Peso de la fiola más agua y agregado 81

Figura 33. Registro del peso de la fiola con 500 ml de agua 82

Figura 34. Eliminación de la película de agua del agregado grueso 83

Figura 35. Compactación del agregado grueso 85

Figura 36. Registro de pesos 86

Figura 37. Compactación del agregado grueso 87

Figura 38. Registro de pesos 87

Figura 39. Secado del agregado grueso en el horno 88

Figura 40. Proceso de mezclado de los agregados, cemento, agua 91

Figura 41. Elaboración de probetas cilíndricas de concreto 92

Figura 42. Acomodo del concreto con martillo de goma 93

Figura 43. Enrasado de las probetas cilíndricas 94

Figura 44: Curado del concreto en poza 94

Figura 45. Dimensiones de la probeta con puente de adherencia 95

Figura 46. Medias briquetas de concreto 96

Figura 47. Preparación del epóxico y colocación a las briquetas de concreto
antiguo 97

Figura 48: Briquetas de concreto de diferentes edades unidas con puente de
adherencia 97

Figura 49: Curado del concreto de diferentes edades unidas con puente de



adherencia 98

Figura 50. Montaje para el ensayo de compresión uniaxial..... 99

Figura 51.: Ensayo de compresión uniaxial..... 99

Figura 52. Granulometría de la arena de Mina Roja 101

Figura 53. Granulometría de la arena de Cunyac 102

Figura 54. Granulometría del agregado fino mejorado 103

Figura 55. Granulometría del agregado grueso..... 104

Figura 56. Elección del factor de corrección sin desviación estándar 112

Figura 57. Granulometría del agregado fino mejorado 120

Figura 58. Granulometría del agregado grueso 121

Figura 59. Histograma comparativo de los valores de resistencia a compresión
de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto
de 1 día y resistencia a la compresión a 7 días 124

Figura 60. Histograma comparativo de los valores promedio de resistencia a
compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado
del concreto de 1 día y resistencia a la compresión a 7 días 124

Figura 61. Histograma comparativo de los valores de resistencia a compresión
de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto
de 1 día y resistencia a la compresión a 28 días 127

Figura 62. Histograma comparativo de los valores promedio de resistencia a
compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado
del concreto de 1 día y resistencia a la compresión a 28 días..... 127

Figura 63. Histograma comparativo de los valores de resistencia a compresión
de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto
de 7 días y resistencia a la compresión a 7 días 130

Figura 64. Histograma comparativo de los valores promedio de resistencia a
compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado
del concreto de 7 días y resistencia a la compresión a 7 días 130

Figura 65. Histograma comparativo de los valores de resistencia a compresión
de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto



de 7 días y resistencia a la compresión a 28 días..... 133

Figura 66. Histograma comparativo de los valores promedio de resistencia a compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto de 7 días y resistencia a la compresión a 28 días 133

Figura 67. Histograma comparativo de los valores de resistencia a compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto de 14 días y resistencia a la compresión a 28 días..... 136

Figura 68. Histograma comparativo de los valores de resistencia a compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto de 14 días y resistencia a la compresión a 28 días 136

Figura 69. Histograma comparativo de los valores de resistencia a compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto de 28 días y resistencia a la compresión a 28 días 139

Figura 70. Histograma comparativo de los valores promedio de resistencia a compresión de las briquetas con y sin puente de adherencia: curado del concreto de 28 días y resistencia a la compresión a 28 días 139

Figura 71. Desarrollo de la resistencia a compresión ($f'c$) de las briquetas Patrón..... 141

Figura 72. Desarrollo de la resistencia a compresión ($f'c$) de las briquetas con puente de adherencia..... 142

Figura 73. Desarrollo comparativo de la resistencia a compresión ($f'c$): briquetas patrón y briquetas con puente de adherencia..... 143

Figura 74. Desarrollo de la resistencia a compresión en el plano de corte ($f'c$) de las briquetas con puente de adherencia 152

Figura 75. Granulometría de la arena de mina roja..... 157

Figura 76. Granulometría de la arena de Cunyac..... 157

Figura 77. Granulometría del agregado fino mejorado 158

Figura 78. Patrones de falla de especímenes cilíndricos ensayados a compresión 159

Figura 79. Comparación en porcentajes de la resistencia a compresión del



concreto 167



Capítulo 1: Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Esta investigación se basa en un problema que a menudo ocurre en el ámbito de la construcción, la necesidad de que exista una adecuada adherencia entre un concreto antiguo y un concreto nuevo para que de esta forma cumpla con los requerimientos de diseño y la importancia de mantener un comportamiento monolítico, sabemos que en el proceso constructivo es necesario dar continuidad al proceso de una obra en construcción por lo tanto se tienen que utilizar puentes de adherencia para unir un concreto antiguo con un concreto nuevo para que pueda darse continuidad en el vaciado y se mantenga un comportamiento monolítico, de esta forma no afecte los requerimientos de diseño de los elementos estructurales.

Otro caso son algunos daños estructurales en edificaciones ya existentes los cuales podrían ser reparados al cambiar el concreto dañado por un concreto nuevo, pero el problema es la adherencia de estos dos ya que el cambio de concreto será en las partes en las cuales se encuentran las grietas y no en toda la estructura, este proceso se logra utilizando un puente de adherencia entre un concreto antiguo y un concreto nuevo.

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo incide el tiempo de curado del concreto respecto a la resistencia a compresión y a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo?

1.1.2.2. Problemas específicos

❖ Problema específico 1:

¿Cómo incide el tiempo de curado del concreto de un día en la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo?

❖ Problema específico 2:

¿Cómo incide el tiempo de curado del concreto de un día en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo?



❖ **Problema específico 3:**

¿Cómo incide el tiempo de curado del concreto de siete días en la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo?

❖ **Problema específico 4:**

¿Cómo incide el tiempo de curado del concreto de siete días en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo?

❖ **Problema específico 5:**

¿Cómo incide el tiempo de curado del concreto de catorce días en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo?

❖ **Problema específico 6:**

¿Cómo incide el tiempo de curado del concreto de veintiocho días en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo?

1.2. Justificación e importancia del problema

1.2.1. Justificación técnica:

- ❖ El presente trabajo de investigación se justifica porque brinda información sobre la incidencia del tiempo de curado respecto a la resistencia a compresión y la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.
- ❖ El presente trabajo se justifica porque se desconoce sobre la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo y si este afecta o no a la resistencia a compresión del concreto.
- ❖ Es importante porque ayudará a determinar el valor de la adherencia que existe entre el concreto antiguo y el concreto nuevo.
- ❖ Se tiene que considerar que la resistencia a la compresión del concreto es un parámetro muy importante a tener en cuenta en el diseño y ejecución de obras civiles.

1.2.2. Justificación social:

El presente trabajo de investigación servirá como fuente de información tanto a estudiantes como a profesionales para la elaboración de futuras investigaciones relacionadas con temas similares, para poder conocer con más detalle el comportamiento de un concreto antiguo adherido a un concreto nuevo.



1.2.3. Justificación por viabilidad:

- ❖ Es viable porque el laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Andina del Cusco cuenta con los equipos necesarios para realizar los ensayos que permitió determinar el diseño de mezcla.
- ❖ Es viable porque el laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Andina del Cusco contó con los equipos (compresión) para realizar los ensayos a los especímenes de concreto.
- ❖ Es viable porque contamos con la norma que permitió la realización de las pruebas según lineamientos de la norma ASTM C-881 (Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete), especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas.
- ❖ Es viable porque contamos con la norma para la elaboración de los especímenes de concreto, el cual está especificada en la norma ASTM C-882 (Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete), método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto.

1.2.4. Justificación económica

- ❖ La realización del estudio de investigación tuvo un presupuesto económico accesible por lo que es factible de realizar.
- ❖ Es viable económicamente porque los investigadores contaron con los equipos, herramientas, insumos, infraestructura (poza de curado y ambientes adecuados) para la elaboración de especímenes de concreto, así como para el traslado al laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Andina del Cusco, para los ensayos correspondientes.

1.3. Limitaciones de la investigación

Limitaciones Generales:

- ❖ Principalmente antecedentes muy limitados con respecto a la investigación de adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.
- ❖ Falta de experiencia de los investigadores.
- ❖ La diferencia de edades entre concreto antiguo y concreto nuevo es de 1 día en todos los casos.



Limitaciones para el diseño de mezcla:

- ❖ El estudio se limita a aquellos concretos con resistencia a compresión 210 kg/cm².
- ❖ Debe cumplir con las especificaciones y procedimientos del diseño de mezclas del ACI
- ❖ Para el diseño de mezclas se usó Cemento Puzolánico IP.
- ❖ Para el diseño de mezclas se usó agregado grueso proveniente de la cantera de Vicho.
- ❖ Se usó el agregado grueso con Tamaño máximo nominal de 1”.
- ❖ Para el diseño de mezclas se usó agregado fino proveniente de la cantera de Cunyac y Mina Roja.
- ❖ Los agregados cumplen con el Análisis granulométrico de la norma NTP 400.012-2001 (Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global).
- ❖ Se usó la norma NTP 400.037 para las especificaciones normalizadas para los agregados en concreto.
- ❖ El agua que se utilizó para el concreto fue potable.
- ❖ Los ensayos que se realizaron al agregado grueso y al agregado fino son: granulometría, peso unitario, peso específico y porcentaje de humedad.

Limitaciones para el uso de puente de adherencia:

- ❖ El uso de puente de adherencia Sikadur32 Gel(tipo epóxico).
- ❖ La aplicación del puente de adherencia se realizó sobre una superficie rugosa, superficie que se consiguió en ambas caras de las medias briquetas con una escobilla metálica.
- ❖ Las pruebas se realizaron según lineamientos de la norma ASTM C-881 (Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete), especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas.
- ❖ La elaboración de los especímenes de concreto está especificada en la norma ASTM C-882 (Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete), método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto.

Limitaciones para el ensayo a compresión:

- ❖ El estudio de la resistencia a compresión a los 7 días y 28 días.

Limitaciones para el curado:

- ❖ El curado se realizó por sumersión en agua potable.
- ❖ Se realizó el curado de los especímenes de concreto a 1 ,7, 14 y 28 días



1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar la incidencia del tiempo de curado del concreto respecto a la resistencia a compresión y a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

1.4.2. Objetivos específicos

❖ **Objetivo específico 1:**

Analizar la incidencia del tiempo de curado de un día en la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ **Objetivo específico 2:**

Analizar la incidencia del tiempo de curado de un día en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ **Objetivo específico 3:**

Analizar la incidencia del tiempo de curado de siete días en la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ **Objetivo específico 4:**

Analizar la incidencia del tiempo de curado de siete días en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ **Objetivo específico 5:**

Analizar la incidencia del tiempo de curado de catorce días en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ **Objetivo específico 6:**

Analizar la incidencia del tiempo de curado de veintiocho días en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.



Capítulo 2: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

A partir de la investigación de Guido J. Alcazar Morales realizada en Universidad Andina del Cusco, investigación titulada “Evaluación comparativa de la resistencia a la compresión y módulo de ruptura de un concreto elaborado con agregados de Vicho, Cunyac y cemento portlant tipo IP utilizando un puente de adherencia frente a un concreto tradicional para resistencia 210kg/cm² y 280kg/cm²”, el cual en el resumen nos dice lo siguiente: La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar comparativamente el comportamiento y la variación de la resistencia a compresión y módulo de ruptura de concretos utilizando un puente de adherencia a base de resinas epóxicas, frente a concretos tradicionales en la ciudad del cusco.

Para lo cual se realizaron probetas cilíndricas y prismáticas de concreto, las probetas elaboradas fueron tanto tradicionales como también utilizando el puente de adherencia, a las cuales se les sometió a los ensayos de compresión y flexión respectivamente.

Al final de la investigación se llegó a la conclusión de que en términos generales la resistencia a compresión de un concreto con puente de adherencia disminuye frente a la resistencia a compresión alcanzada por un concreto tradicional patrón, sin embargo el módulo de ruptura del concreto con puente de adherencia mantiene valores similares al módulo de ruptura de un concreto tradicional patrón

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

La presente tesis tuvo antecedentes a nivel internacional tales como:

- A partir de la investigación de Gustavo Adolfo Archila Ortiz realizada en Universidad De San Carlos De Guatemala en el año 2007, investigación titulada “Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo, con dos tipos de epóxicos”, el cual en el resumen nos dice lo siguiente: El presente trabajo de graduación evalúa dos tipos de epóxicos que se utilizan en el mercado para la unión de concreto nuevo con concreto viejo. Se han utilizado de base, las normas que nos proporcionan las especificaciones en las cuales debemos basar la elaboración de las probetas, y las diferentes condicionantes que debemos tomar en cuenta.



El procedimiento que se siguió comienza con la elaboración de las probetas utilizando tubos de P. V. C. de tres pulgadas de diámetro, tomando en consideración las dimensiones que exige la norma para la forma y tamaño del espécimen. Se fundió la primera parte de los cilindros con la forma ya mencionada, cabe mencionar que la prueba se realizó con un concreto viejo de 28 días de edad al que se le aplicó el epóxico y luego se colocó concreto fresco para completar el cilindro.

Este procedimiento fue realizado para tres tipos de concreto como lo son el concreto de baja resistencia 140 kg/cm² (2000 psi), concreto estructural 210kg/cm² (3000 psi) y de alta resistencia 352 kg/cm² (5000 psi), los cuales fueron ensayados a 7, 14 y 28 días para tener un registro de la evolución del concreto.

Los resultados son comparados con cilindros patrón, los cuales nos proporcionan una referencia directa del comportamiento que se espera que los especímenes mantengan

- A partir de la investigación de Fredi Maxelio Román Reyes realizada en Universidad De San Carlos De Guatemala, investigación titulada “Evaluación sobre adherencia entre mortero fresco y endurecido con diferentes productos adhesivos”, el cual en el resumen nos dice lo siguiente: Es de vital importancia evaluar los adhesivos que se utilizan en la construcción, esto al tener que elegir el producto más adecuado para realizar uniones entre mortero fresco y mortero endurecido, teniendo como punto de partida el estudio que se haya hecho sobre el área donde se requiera su aplicación para esto es necesario que se genere información que permita poseer criterios técnicos en la elección de dichos productos.

Los adhesivos tipo I son los que se utilizan en los interiores de una obra, en superficies que no haya contacto con la humedad, ya que su característica esencial es que reaccionan con el agua, es decir, son remulsionables; y, los de tipo II son los que pueden ser utilizados en superficies humedad y secas.

Para haber comprobado el comportamiento de la adherencia en estos dispositivos se elaboraron probetas de morteros fresco y endurecido, habiendo arrojado mejores resultados los adhesivos tipo II, pues su manipulación es práctica, de bajo costo y de excelente calidad.

2.2. Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1. Concreto

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes agregados y pasta. La pasta está compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava creando una masa similar a la roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua, Otros materiales cementantes y adiciones minerales se pueden incluir en la pasta”¹. “La pasta se compone de materiales cementantes, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente incorporado. La pasta constituye aproximadamente del 25% hasta 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto del cemento esta normalmente entre 7% y 15% y el volumen del agua está entre 14% y 21%. El contenido de aire atrapado varía entre 4% hasta el 8% del volumen. Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es muy importante. (American Concrete Institute. E.E.U.U.,2000)

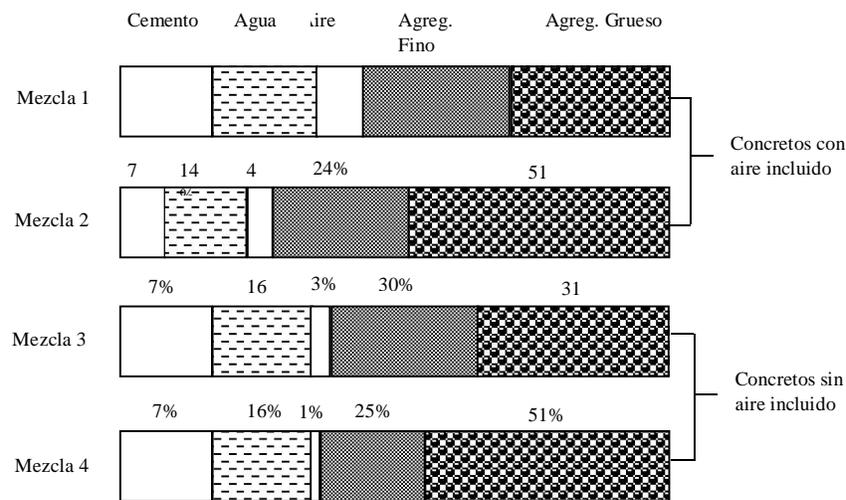


Figura 1: Variación de las proporciones usadas en concreto en volumen absoluto.

Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Kosmatka, S.; Kerkhoff, B.; Panarese, W.; Tanesi,

Las barras 1 y 3 representan las mezclas ricas con agregados de pequeño tamaño. Las barras 2 y 4 representan mezclas pobres con agregados gruesos grandes.

2.2.1.1. Componentes del concreto

2.2.1.1.1. Cemento portland

El cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. En la construcción, se ha generalizado la utilización de la palabra cemento para designar un tipo de aglutinante específico que se denomina Cemento Portland, debido a que es el más común. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación. (Asociación Colombiana de Productores del Concreto, 1997)

El tipo y la cantidad de cemento requerido en las mezclas de concreto dependen del volumen de la estructura, las propiedades requeridas por ésta y las condiciones de exposición. El concreto puede ser elaborado de cualquiera de los tipos básicos de cemento Portland. La ASTM C150, designa ocho tipos de cementos, usando los números romanos, como sigue:

Tabla 1: *Tipos de Cemento de la ASTM C 150.*

Tipo	Descripción
Tipo I	Normal
Tipo IA	Normal con aire incluido
Tipo II	Moderada resistencia a los sulfatos
Tipo IIA	Moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido
Tipo III	Alta resistencia inicial (Alta resistencia temprana)
Tipo IIIA	Alta resistencia inicial con aire incluido
Tipo IV	Bajo calor de Hidratación
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos

Fuente: ASTM C150

2.2.1.1.2. Agua

Tenemos diferentes usos del agua para el concreto; así como agua de mezclado, agua de curado y los requisitos que debe cumplir el agua.

- **Agua de mezclado**

Se adiciona junto con los agregados y el cemento. Se necesita éste último para producir una pasta hidratada con fluidez tal, que permita la lubricación adecuada de la mezcla de concreto cuando se encuentre en estado plástico, esta pasta va estructurándose de forma diferente para producir el gel de cemento. Dependiendo de la cantidad de agua adicionada la fluidez de la



pasta será mayor o menor, y al endurecerse una cantidad del agua quedará fija como parte de la estructura y otra permanecerá como agua libre. Si la medida de agua de mezclado aumenta, la parte fija es la misma y por consiguiente el agua libre aumenta, con lo cual se aumenta la porosidad, debido a que con el tiempo, esta agua libre se evapora dejando unos pequeños conductos en el interior del concreto endurecido. Con este aumento se disminuye la resistencia y el concreto se hace más permeable. De ahí la importancia del control de la cantidad de agua utilizada en la mezcla (Pasquel Carbajal, 1993, p. 60)

- **Agua de curado**

Una vez el concreto ha fraguado, es necesario el suministro de agua para garantizar la completa hidratación del grano de cemento, esta agua adicionada depende de la temperatura y humedad del ambiente donde se encuentre el concreto, ya que a menor humedad relativa, la evaporación es mayor. El objeto del curado es mantener el concreto saturado, o lo más próximo posible a la saturación, hasta que los espacios que inicialmente estaban saturados de agua se llenen hasta un nivel deseado con los productos de la hidratación del cemento. En algunos casos, las manchas superficiales no son tan importantes, pero siempre es necesario que el agua de curado esté libre de sustancias que ataquen el concreto endurecido. Para la preparación de la mezcla se puede utilizar casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado; sin embargo, en las zonas de construcción no siempre se dispone de agua con esas características, y por ello se utilizan aguas de diferentes tipos, lo cual se puede reflejar en las propiedades del concreto. Entre las aguas que se utilizan, a parte del agua potable, tenemos aguas turbias (con arcillas), aguas negras (con residuos orgánicos), agua de mar, aguas cloruradas, carbonatadas, sulfatadas, aguas ácidas, aguas alcalinas, entre otras. A continuación en la Tabla se sintetiza el efecto de los diferentes componentes del agua en las propiedades del concreto (Pasquel, 1993, Tópicos de Tecnología de Concreto en el Perú, p. 61)

Tabla 2: Componentes en el agua y sus efectos.

Componentes del agua de mezcla	Efectos
Impurezas sólidas (arcillas o partículas finas de otros minerales) en concentraciones mayores 2000 ppm	Pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia
Impurezas orgánicas (aguas negras, verde, café)	Pueden afectar considerablemente el tiempo de fraguado y la resistencia
Agua de mar Aguas cloruradas	Corrosión del acero de refuerzo. Eflorescencias y humedad en superficies expuestas al aire y al agua
Carbonato de sodio	Fraguados muy rápidos puede reducir la resistencia
Bicarbonatos	Pueden acelerar o retardar el fraguado, pueden reducir la resistencia
Sulfatos	Posibles reacciones expansivas y deterioros por reacción
Sales de estaño, zinc, cobre, plomo y Magnesio	Pueden provocar reducción considerable de resistencia y también grandes variaciones en el tiempo de fraguado
Yodato de sodio, fosfato de sodio, arsenato de sodio y borato de sodio	Sales especialmente retardantes
Aguas ácidas de minas (ácidos clorhídrico, sulfúrico y otros en concentraciones mayores a 10000 ppm)	Pueden ocasionar problemas de manejo
Aguas alcalinas Hidróxido de sodio o de Potasio	Puede reducir la resistencia

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Pasquel Carbajal, Enrique.

- **Requisitos que debe cumplir**

El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero.

Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de esta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizar en la preparación del concreto que a continuación se indica:

Tabla 3: *Requisitos que Debe Cumplir el Agua*

Descripción	Limite permisible
Limite en suspensión	5000 ppm max
Materia orgánica	3 ppm max
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000 ppm max
Suelo (ion SO ₄)	600 ppm max
Cloruros (ion CL)	1000 ppm max
PH	5 a 8 ppm max

Fuente: Norma NTP 339.088 (Agua) norma técnica peruana

2.2.1.1.3. Agregados

Son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma, que en combinación con ésta proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras (Quiroz y Salamanca, 2006, p.28).

A continuación tenemos la clasificación de los agregados:

- **Clasificación según su procedencia**

Pueden ser naturales o artificiales. Los agregados naturales se obtienen de la explotación de depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río), o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Los agregados artificiales son los que se obtienen a partir de procesos industriales, tales como, arcillas expandidas, escorias de alto horno, Clinker y limaduras de hierro, entre otros. (Pasquel, 1993, p. 29)

La clasificación más difundida basada en el origen de los agregados, es la norma británica No. 812, detallada en la Tabla 4.

Tabla 4: Clasificación según su origen: Norma Británica nro. 812

Porfirítico	Basálticos	Gabrico
Apilita Dacita Felsita Granofiro Queratofiro Microgranito Porfido Cuarzo-Porfirita Reolita Traquita	Andesita Basalto Porfiritas básicas Diabasa Doleritas Epidiorita Lamprofico Cuarzo-dolerita Espilita	Diorita básica Gnesis básico Gabro Hornoblenda-roca Norita Periodotita Picrita Serpentina
Granítico	Arenisca	Esquistoso
Gnesis Granito Granodiorita Granulita Pegmatita Cuarzo-diorita Sienita	Arcosa Grawaca Arenilla Arenisca Tufa	Filita Esquisto Pizarra Rocas Fracturadas
Pernalio	Caliza	Cuarzo
Hornesto Pedernal	Dolomita Caliza Mármol	Arcilla refractaria Cuarcita cristalizada
Hornofelsico	Agregados artificiales	
Rocas metamórficas, excepto el mármol		

Fuente: Colección básica del concreto, Asociación Colombiana de Productores del Concreto

- **Clasificación por su tamaño**

La forma más empleada para clasificar los agregados naturales es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal. La distribución de tamaños se conoce con el nombre de granulometría. La clasificación más general del agregado para elaborar concreto según su tamaño se muestra en la tabla N° 11 donde se indican los nombres más comunes. El contenido de arcilla y limo en una mezcla de concreto, es un factor que se debe limitar porque cuando hay un exceso de las mismas, hace que sean mayores los requerimientos de agua y pueden restar adherencia entre el agregado grueso y la pasta de cemento (Pasquel, 1993, p.29).

Tabla 5: Clasificación según el tamaño

Tamaño de las partículas en mm (tamiz)	Denominación común	Clasificación como agregado para concreto
<0.002	Arcilla	Fracción muy fina
0.002 – 0.074 (Nº 200)	Limo	
0.075 – 4.76 (Nº 200 - Nº 4)	Arena	Agregado Fino
4.76 – 19.1 (Nº 4 – 3/4")	Gravilla	Agregado Grueso
19.1 – 50.8 (3/4" – 2")	Grava	
50.8 – 152.4 (2" – 6")	Piedra	
>152.4 (6")	Bolón	

Fuente: Colección básica del concreto, Asociación Colombiana de Productores del Concreto

- **Clasificación según su densidad**

“Según la densidad, que es la propiedad que relaciona la cantidad de masa con el volumen que ocupa, se pueden clasificar tanto los agregados naturales como los artificiales y se hace en tres diferentes categorías”(Pasquel,1993, p.28)

Tabla 6: Clasificación según su densidad

Clasificación del agregado	Masa Unitaria Aproximada (kg/m ³)		Variedades más comunes de agregados	Tipos de uso
	Agregado	Concreto		
Liviano	480 – 1300	500 – 1350	Pizarras expandidas, esquistos, escoria, arcillas.	Concretos livianos
Normal	1300 – 2000	2000 – 2500	Arena, grava, piedra triturada, clinker, escoria de fundición	Obras de concreto en general
Pesado	2000 – 5600	>2500	Barrita, limonita, magnetita, limadura de acero, hematita	Concreto macizo, de anclaje contra radiación, etc.

Fuente: Colección básica del concreto, Asociación Colombiana de Productores del Concreto.

- **Clasificación según su forma y textura superficial**

“Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares”. (Comisión de Reglamentos técnicos comerciales INDECOPI. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. P.4)

En términos descriptivos las formas de los agregados pueden ser:

Tabla 7: *Clasificación según su forma y textura superficial.*

Clasificación del agregado	Descripción
Angular	Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
Sub angular	Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
Sub redondeada	Considerable desgaste en caras y bordes.
Redondeada	Bordes casi eliminados.
Muy redondeada	Sin caras ni bordes

2.2.2. Granulometría del agregado fino

El agregado fino es aquel agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, o una combinación de ambas que pasa el tamiz 9.5 mm. (3/8 pulg.) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037(2002) , norma que menciona lo siguiente:

Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes. El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas. El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400.037.

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- ❖ La granulometría del agregado fino se define como la distribución del tamaño de sus partículas
- ❖ La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.
- ❖ La granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa del agregado por una serie de tamices ordenados por abertura de mayor a menor.
- ❖ Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites. (NTP 400.037, 2002).

Tabla 8: Límites granulométricos agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8"	100
Nº 4	95-100
Nº 8	80-100
Nº 16	50-85
Nº 30	25-60
Nº 50	05-30
Nº 100	0-10

Fuente: Norma NTP 400.037

2.2.2.1. Módulo de finura

El módulo de finura se define, como el número que se obtiene al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie normalizada.

El valor de este módulo es mayor, cuando el agregado contiene granos más gruesos y decrece cuando el agregado disminuye de tamaño.

$$MF = \sum \% \text{ Retenido Acumulado} / 100$$

Porcentaje Retenido:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de Material Retenido en Tamiz}}{\text{Peso de la Muestra}} * 100$$

Porcentaje que Pasa:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

2.2.3. Granulometría del agregado grueso

La norma técnica peruana NTP- 400.037 (2002) nos indica:

“Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm. (Nº 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la presente norma.

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.

El agregado grueso debe cumplir las siguientes características:

- ❖ La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.

- ❖ En el análisis de la compacidad se ha estimado que los agregados de similar dimensión producen el mayor número de vacíos, mientras que si existe diferencia entre los tamaños su acomodo se produce con máxima compacidad.”

El agregado grueso debe estar graduado dentro de los límites en la NTP 400.037, tal como sigue:

Tabla 9: Límites granulométricos del agregado grueso.

LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO														
N° A.S.T.M	TAMAÑO NOMINAL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm 4"	90 mm 3.5"	75 mm 3"	63 mm 2.5"	50 mm 2"	37,5 mm 1.5"	25 mm 1"	19 mm ¾"	12,5 mm ½"	9,5 mm 3/8"	4,75 mm N°4	2,36 mm N°8	1,18 mm N°16
1	31/2" a 11/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	21/2" a 11/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a N°4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	11/2" a ¾"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	11/2" a N°4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" a ½"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" a N°4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	¾" a 3/8"							100	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	¾" a N°4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	

Fuente: Norma NTP 400.037



2.2.4. Expresión de la granulometría

La granulometría se define en función de los conceptos: Tamaño máximo del agregado y tamaño máximo nominal.

2.2.4.1. Tamaño máximo

La Norma NTP 400.037 (2002) menciona lo siguiente:

El Tamaño máximo es aquel que le corresponde el menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso (100 % del material).

El Tamaño máximo nos indica el tamaño de la partícula más grande que hay en el agregado y se utiliza para seleccionar el agregado según las condiciones de geometría del encofrado y el refuerzo de acero.

El Reglamento nacional de construcción prescribe que el tamaño máximo del agregado no debe ser mayor de:

- $1/5$ de la menor separación entre los lados del encofrado.
- $1/3$ del peralte de la losa.
- $3/4$ del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o alambres individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de pre esfuerzo.

2.2.4.2. Tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal es aquel al que le corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (NTP 400.037,2002)

La mayor utilidad de este factor define mejor el tamaño de las partículas más grandes de la masa de agregados en su fracción gruesa.

El tamaño máximo nominal de la piedra que se va a usar para fabricar concreto tiene importancia porque se relaciona con la facilidad y posibilidad de llenar los moldes o encofrados y porque se relaciona con la resistencia del concreto. Como el tamaño máximo no puede definir de manera garantizada una granulometría, el valor numérico de éste en tecnología de concreto casi no se usa. Razón por la cual, si no se dice lo contrario, cuando se hable de tamaño máximo en las especificaciones granulométricas, se debe trabajar con el tamaño máximo nominal (Sánchez de Guzmán, 1997, p. 75 y 76).



Los resultados de un análisis granulométrico se pueden representar en forma gráfica y se denominan curvas granulométricas.

Para determinar las curvas granulométricas es necesario calcular el porcentaje Retenido, porcentaje retenido acumulado y porcentaje acumulado que pasa.

$$\% \text{ Rete.} = \left(\frac{\text{Peso}_x}{\text{Peso}_{total}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Rete. Acum.} = \sum_1^x \left(\frac{\text{Peso}_x}{\text{Peso}_{total}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Acum. Pasa} = 1 - \% \text{ Rete. Acum.}$$

2.2.5. Peso específico del agregado

2.2.5.1. Peso específico

Amaya Valencia y otros (2011) afirman:

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a temperaturas indicadas. Los valores son adimensionales.

2.2.5.2. Peso específico aparente

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

2.2.5.3. Peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS)

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa de agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas (Amaya Valencia y otros, 2011, p. 308).

2.2.5.4. Porosidad y absorción

La porosidad es el espacio no ocupado por una materia sólida. Kosmatka, S. y otros (2004) afirma:

“De las varias porosidades que se reconocen en un agregado, se suele medir la porosidad superficial o saturable. Cuanto más poroso es, menos resistencia mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mejor calidad. Pero el dato resulta de extraordinaria importancia en la etapa de ajustes de las condiciones reales de los materiales, ya que por su valor es posible hacer las correcciones necesarias en la cantidad de agua que se debe incorporar. Desde el punto de vista de la porosidad y la capacidad de absorción de agua:

- ❖ **Absolutamente seco:** con todos los poros vacíos, internos y superficiales.
- ❖ **Seco al aire o exteriormente:** con parte de la masa y de los poros internos llenos.
- ❖ **Saturado y superficialmente seco:** con toda la masa y los poros internos y de superficie llenos, pero con la superficie seca.
- ❖ **Húmedo:** cuando además de llenos todos sus poros, internos y superficiales, y de saturada toda su masa, se acumula humedad en la superficie”.

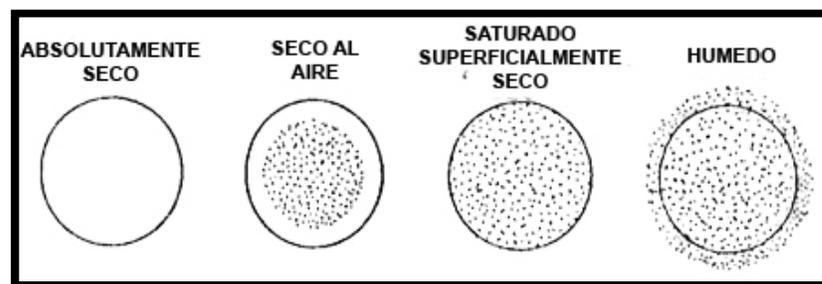


Figura 2. Condiciones de humedad del agregado

Fuente: Kosmatka S.; Kerkhoff B.; Panarese W.; Tanesi J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto

Se puede considerar como rocas de buena calidad aquellas que presentan una absorción menor 3% para agregado grueso, y menores a 5% para el caso de agregado fino.

**2.2.6. Cálculo.****2.2.6.1. Agregado grueso:**

- **Peso específico de la masa (Pem)**

$$Pem = \frac{A}{(B - C)}$$

- **Peso específico de masa saturada superficialmente seca (PeSSS):**

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)}$$

- **Peso específico aparente (Pea):**

$$Pea = \frac{A}{(A - C)}$$

- **% Absorción:**

$$\% \text{ Absorción} = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (g).

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (g).

2.2.6.2. Agregado fino:

- **Peso específico de la masa (Pem)**

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

- **Peso específico de masa saturada superficialmente seca (PeSSS):**

$$PeSSS = \frac{S}{(B + S - C)}$$

- **Peso específico aparente (Pea):**

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



- **% Absorción:**

$$\% \text{ Absorción} = \frac{(S - A)}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

B: Peso del picnómetro lleno con agua (g).

C: Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración (g).

S: Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (g).

2.2.7. Peso unitario del agregado.

La masa unitaria se define como la relación entre la masa sólida y el volumen ocupado por el material cuando se coloca dentro de un recipiente estándar de masa y volumen conocidos. Para un mismo agregado si el peso unitario disminuye es porque hay más espacios vacíos que se deben llenar con pasta lo que afecta el costo y el comportamiento del Concreto en el tiempo (aumento de la fluencia y la retracción del material). La masa unitaria depende de la granulometría del agregado, la forma de las partículas y del nivel de compactación utilizado para colocar el material en el molde. Se distinguen por lo tanto tres tipos de masas unitarias de agregados. La masa unitaria suelta para agregados de menos de 38 mm de tamaño; la masa unitaria compactada con varilla para agregados de tamaño menor que 38 mm y mayor que 4.8 mm y la masa unitaria por vibrado para agregados de más de 38 mm de tamaño. (Giraldo, 2003, p. 38)

El peso unitario es la relación del peso del agregado entre su volumen, considerando los vacíos que tenga el material, es la diferencia con la gravedad específica donde se eliminan los vacíos.

2.2.8. Cálculos

El peso unitario del agregado para peso unitario Suelto y Peso Unitario Compactado se calcula con la fórmula:

a) Peso del agregado

$$PA = PT - PM$$



Donde:

- PA = *Peso del agregado.*
- PT = *Peso del Molde*
- PM = *Peso de (molde + agregado)*

b) **Peso unitario del agregado**

$$PU = PA - VM$$

Donde:

- PU = *Peso unitario del agregado.*
- PA = *Peso del agregado*
- VM = *Volumen del molde*

c) **Contenido de vacíos**

$$\%Vacios = \frac{100 * ((S * W) - PU)}{(S * W)}$$

Donde:

- PU = *Peso unitario del agregado.*
- S = *Peso Específico de la Masa*
- W = *Densidad del agua(998kg/m³)*

2.2.9. **Contenido de humedad del agregado**

“Cuando los agregados están expuestos directamente a la acción climática de lluvia y secado continuo llegan a almacenar grandes volúmenes de agua en su interior, principalmente en el caso de las arenas. Esta cantidad de agua almacenada puede llegar a valores hasta de un 30% de la masa seca del material. Considerando que la cantidad de agua de saturación de un agregado por lo general no supera un 3% de su masa seca se concluye que el agua superficial o libre adquiere valores significativos que se deben determinar para hacer los ajustes cuando se está fabricando el Concreto en obra o en planta.

En el diseño de una mezcla de Concreto una de las hipótesis básicas es considerar que las propiedades mecánicas del material, así como su durabilidad son función de la relación entre el contenido de agua que requiere la mezcla (para dar trabajabilidad) de la mezcla y el contenido de cementante (a/c). Esta relación experimental esta soportada por gran cantidad de

ensayos de laboratorio que permiten predecir, con aceptable aproximación, la resistencia que adquiere un Concreto con una determinada (a/c).” (Giraldo, 2003, p. 41)

$$\%Humedad = \% \omega = \frac{(H - S)}{S} * 100$$

Donde:

H = Peso del agregado húmedo.

S = Peso del agregado en condición seca.

La Humedad superficial viene dada por la diferencia entre el contenido de humedad ($\% \omega$) y el porcentaje de absorción ($\% a$)

2.2.10. Adhesivos

Se define como adhesivo a aquella sustancia que aplicada entre las superficies de dos materiales permite una unión resistente a la separación, denominándose sustratos o adherentes a los materiales que pretendemos unir mediante un adhesivo. El conjunto de interacción física y química que tienen lugar en la interface adhesivo-adherente recibe el nombre de adhesión. (Madrid, 1980)



Figura 3. Esquema de una unión adhesiva

Fuente: Tecnología de la adhesión (Mario Madrid)



2.2.10.1. Adherencia

“La adherencia se define como la capacidad de transmitir una fuerza procedente del adherente a través de la unión adhesiva, teniendo en cuenta un sistema formado por dos materiales a unir llamados adherentes y un segundo material que sirve de nexo de unión denominado unión adhesiva.

Para cuantificar la adherencia se somete a la unión adhesiva a un esfuerzo mecánico hasta la rotura o pérdida de cohesión de la unión adhesiva, se obtendrá así un valor de energía que puede absorber dicha unión adhesiva. La fuerza aplicada en una unidad de superficie se traduce en presión.

Se disponen de dos métodos normalizados para obtener dichos valores:

- Ensayo a flexión
- Ensayo a compresión uniaxial” (Gerard López|, 2009).

2.2.10.2. Tipos de adhesión

- ❖ Látex
- ❖ Epóxicos

2.2.10.3. Adhesivos látex

Los agentes Látex para concreto deberán cumplir especificaciones de la norma ASTM C-881-90, (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas).

Estos se dividen en:

- Estructurales
- No estructurales

2.2.10.3.1. Adhesivos estructurales

Los epoxis son adhesivos normalmente bicomponentes en forma de resina más activador. Una vez premezclados la polimerización comienza lentamente por lo que deben ser aplicados sobre las piezas a unir y mantener los sustratos en posición hasta alcanzada la resistencia requerida. (García, 1980)

Los productos epóxicos se presentan en dos o más elementos. Las resinas y el endurecedor forman el sistema básico del material, mientras que el resto de los componentes son adiciones inertes para características determinadas y específicas. La resina es el adhesivo en sí, mientras



que el endurecedor permite la reactividad de las moléculas para formar la malla de pegado en el producto. Se emplean, por ejemplo, en mezclado de cimiento, colocación de anclajes y conectores en fundiciones, y en elementos de concreto armado en construcción de puentes. Lo que mejor define a esta clase de productos es la capacidad de adherir casi todos los materiales de construcción, independiente de las resistencias mecánicas, por eso son muy usados en refuerzos estructurales. Los epóxicos tienen más de cincuenta años, pero el avance tecnológico en este campo es constante; actualmente se trabaja en productos que tengan características determinadas como la aplicación bajo agua o resistencia a bajas temperaturas y en especial la rapidez en el pegado. (García, 1980)

Los epoxis empleados en aplicaciones estructurales deben ser curados a temperaturas altas o a temperatura ambiente con post-curado por calor. La ventaja del post-curado como operación independiente, incluso en el caso de juntas ya curadas con temperatura moderada, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas. (García, 1980)

Las resinas epóxicas que se usan con este fin, deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C-881 (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas). Estos materiales pegarán superficies mojadas o húmedas. Con ellos es posible adherir metal, piedra y/o madera con el concreto. (García, 1980)

2.2.10.3.2. Puentes de adherencia

Dentro de estos podemos encontrar los epóxicos llamados puentes de adherencia, esta es una de las líneas más importantes en las que se puede encontrar el adhesivo epóxico. El principio del producto consiste en darle continuidad al proceso de fundición de una obra en construcción, porque este no se puede hacer de una forma constante y con este producto se puede dar continuidad monolítica (García, 1980).

2.2.10.3.3. Anclajes y reparaciones

“Esta es otra de las aplicaciones más frecuentes en las que se utilizan los adhesivos epóxico, se observan en anclajes y reparaciones industriales por ejemplo en las estructuras dañadas por sismos. Sus usos van desde la inyección de grietas, la unión entre concretos hasta rellenos en general.

Son utilizados también en el campo de pilotes para la vinculación de micro pilotes con estructuras, cabezales y zapatas. Aquí lo importante es la alta resistencia, facilidad de preparación y colocación.” (García, 1980)

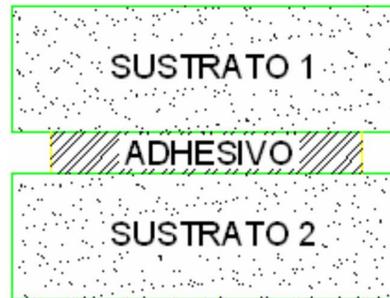


Figura 4. Esquema Básico de la Unión Adhesiva

Fuente: www.losadhesivos.com/definicion-de-adhesivo.html

Cuando se diseña una unión adhesiva se pretende que la rotura no sea en ningún caso adhesivo, es decir, que la separación nunca se produzca en la interfase sustrato-adhesivo. Los modos de rotura adhesiva no son nunca predecibles, puesto que la magnitud de la fuerza de adhesión, como se verá en posteriores temas, depende de un gran número de factores rara vez controlables en su totalidad. Por el contrario, sí se pueden conocer las características mecánicas del adhesivo y, por tanto, se pueden predecir las cargas a la rotura en modo cohesivo bajo diferentes tipos de esfuerzos. Una de las clasificaciones más empleadas se basa en el mecanismo de formación de la junta adhesiva. Así, se pueden distinguir dos grandes grupos de adhesivos. (García,1980)

2.2.10.3.4. Adhesivos prepolimerizados

“Es decir, aquéllos cuyo polímero ya existía antes de ser aplicado el adhesivo sobre la unión, y **adhesivos reactivos**. Estos últimos se caracterizan porque el adhesivo se encuentra en estado líquido, viscoso, gel, etc.

. Dentro de estos grandes grupos se definen diversas subclases:

1. Adhesivos prepolimerizados

a) En fase líquida

- Soluciones acuosas como los cementos, las colas o el almidón
- Soluciones orgánicas como el caucho natural
- Emulsiones o líquidas como los adhesivos en base a PVC

b) En fase sólida



- Adhesivos piezosensibles como los adhesivos de contacto o las cintas adhesivas.
 - Adhesivos termofusibles o fusiones candentes.
2. Adhesivos reactivos
- a) Que curan mediante poliadición como los cianoacrilatos, los anaeróbicos o los acrílicos
 - b) Que curan mediante policondensación como los epoxis o las siliconas

Los principios de la adhesión son comunes a todas las familias adhesivas.

Sin embargo, sólo los adhesivos reactivos son capaces de dar soluciones fiables a los problemas de ingeniería.” (García,1980).

2.2.10.3.5. Diseño y evaluación de las uniones adhesivas

Los tecnólogos de la adhesión diseñan normalmente las formulaciones adhesivas para lograr que las fuerzas adhesivas sean siempre superiores a las cohesivas. De este modo, conociendo las propiedades mecánicas del adhesivo se puede evaluar y, por tanto predecir, el comportamiento mecánico de una unión adhesiva. Según este enfoque, las propiedades mecánicas de la unión pueden estudiarse en base a las propiedades mecánicas del adhesivo que la constituye. (García,1980)

Los fracasos más frecuentes cuando se emplean adhesivos son debidos al desconocimiento de los esfuerzos a que va a estar sometida la unión. De hecho, dentro de ciertos límites, es viable proceder mediante determinadas reglas empíricas para diseñar y obtener adhesiones correctas. Aun así, cuando los esfuerzos son complejos es indispensable tener en cuenta todos los actores que pueden influir. (García,1980)

En la práctica, esto quiere decir que la naturaleza y la magnitud de las tensiones que se esperan durante el servicio de la unión deben conocerse antes de decidir el tipo de adhesivo que se debe emplear. Los esfuerzos mecánicos actúan sobre los conjuntos ensamblados como esfuerzos de tracción, de compresión, de flexión, de torsión y de cortadura, provocando así las tensiones. Aun así, las tensiones no aparecen únicamente como consecuencia directa de transmitir fuerzas o energías, sino que también se pueden dar por la aparición de fenómenos secundarios que acompañan a los cambios de temperatura. Esquemáticamente, podemos hablar de los siguientes tipos de requerimientos sobre las uniones adhesivas: (García,1980)

- a) Esfuerzos normales: de tracción y de compresión.
- b) Esfuerzos de cortadura o cizalla.

c) Esfuerzos de desgarro.

d) Esfuerzos de pelado.

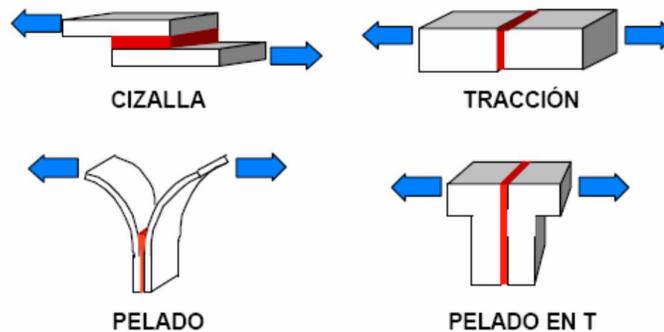


Figura 5. Requerimientos en uniones adhesivas

Fuente: www.theconstructor.com

Para conseguir uniones adheridas correctas hay que plantear durante la etapa de diseño un trazado que evite en lo posible esfuerzos que no sean de tracción o de cortadura en las uniones adhesivas. Un paso extremadamente importante durante el proceso de diseño de la junta adhesiva es establecer los requisitos de la aplicación. Propiedades como la resistencia a cortadura, la resistencia a impacto, la pérdida de resistencia por envejecimiento térmico, las tolerancias de montaje (holguras), la resistencia a la humedad, a nieblas salinas y a disolventes, los tiempos de manipulación requeridos y los límites aceptables para cualquiera de tales pruebas son ejemplos de características que deben ser especificadas. Lo ideal es describir o identificar de forma fácilmente comprensible los métodos de prueba empleados para determinar las propiedades de la adhesión y del adhesivo a emplear, como hacen por ejemplo los ensayos normalizados en la Norma ASTM la cual es aplicada en la presente investigación. (García,1980)

Tanto el diseño como la elección del adhesivo deben acomodarse a la aplicación, evitando en la medida de lo posible juntas adhesivas sobredimensionadas, que suelen encarecer de forma desproporcionada e innecesaria los costes de montaje. Los factores geométricos que se consideran en primer lugar son la anchura de la adhesión, la longitud de solapamiento y los espesores de adhesivo y sustratos. La resistencia a cortadura es directamente proporcional a la anchura de solapamiento. Sin embargo, la relación entre longitud de solapamiento y resistencia a cizalla no es lineal, aunque se produce un incremento. Esto es debido a que las tensiones se acumulan en los extremos de la zona de solapamiento. (García,1980)



La longitud y la anchura no son las únicas variables geométricas que influyen en la resistencia de la adhesión. La carga a partir de la cual un sustrato comenzará a deformarse plásticamente depende de su rigidez y grosor. Sucede con frecuencia que la resistencia de adhesión de dos piezas delgadas supera el límite elástico y la resistencia última de los sustratos. (García, 1980)

2.2.10.3.6. Epoxis

“Los epoxis son adhesivos normalmente bicomponentes en forma de resina más activador. Una vez premezclados la polimerización comienza lentamente por lo que deben ser aplicados sobre las piezas a unir y mantener los sustratos en posición hasta alcanzada la resistencia a la manipulación.

En el pasado la mayoría de los epoxis se formulaban como bicomponentes que debían ser mezclados inmediatamente antes de ser empleados y tenían una vida de mezcla limitada. Sin embargo, en la actualidad existen adhesivos epoxi mono componentes con un agente endurecedor latente que se libera únicamente por reacción a alta temperatura. Estos adhesivos fueron comercializados en 1975. Por debajo de la temperatura de la mezcla (por debajo de 0°C) no se produce reacción alguna. Al elevarse la temperatura comienza la poli condensación de la resina.

Los epoxis empleados en aplicaciones estructurales deben ser curados a temperaturas altas o a temperatura ambiente con post-curado por calor. La ventaja del post-curado como operación independiente, incluso en el caso de juntas ya curadas con algo de calor, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas.” (García, 1980)

2.2.10.3.7. Adhesivos no estructurales

“Sirven para pegar parches, impermeabilizar grietas, capas sobre puestas, estos poseen un registro de servicio muy bueno. Son básicamente utilizados para arreglos donde no se comprometa la estructura misma. Las especificaciones dadas para este tipo de materiales están contenidas en la norma ASTM C-1059-99, (Especificaciones estándares para agentes Látex para unir concreto viejo con concreto nuevo).” (García, 1980)

Dentro de los adhesivos no estructurales más utilizados en el mercado podemos mencionar:

- Adhesivos para tabiques
- Adhesivos para molduras
- Adhesivos para revestimiento



2.2.11. Normas que regulan el ensayo

Las normas que regulan los ensayos para la Adherencia entre concreto nuevo y concreto antiguo son las siguientes:

2.2.11.1. Norma ASTM C-881(Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete)

Menciona las especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas.

La especificación cubre los dos componentes que se vinculan a una resina epóxica utilizada en juntas de concreto de cemento-portland, se puede utilizar en superficies húmedas. Es importante hacer notar el peligro que puede representar a la persona que manipule dichas resinas ya que debe de tenerse especial cuidado con las indicaciones de uso, manipulación y aplicación del producto.

2.2.11.2. Norma ASTM C-882-99 (Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete)

Para la elaboración de la probeta se procederá de acuerdo con las especificaciones de la norma ASTM C-882-99(Método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto), donde se hace referencia a las dimensiones que debe tener la probeta y el método de ensayo a utilizar.

En este ensayo se tomará en cuenta la resistencia que alcance la probeta como la adherencia que pueda haber entre las dos mezclas de concreto, debe de apreciarse si la falla es por adherencia o por compresión que en cuyo caso sería lo que se espera de esta evaluación.

2.2.12. Funcionalidad en unión de concreto nuevo con concreto antiguo

Existe una funcionalidad entre la unión de los concretos debido a que pueden provocarse fisuras, filtraciones o de falla parcial de la estructura, esto se debe a que actúan como elementos independientes con movimiento propio y no como estructura monolítica.

2.2.13. Rendimiento de la junta adhesiva frente a agentes externos

“Una vez que el adhesivo ha curado completamente y por tanto adquirido sus características físico-químicas definitivas, se verá sometida a una serie de agentes externos que pueden modificar sus propiedades. El medio puede debilitar la junta adhesiva y provocar el fallo frente a esfuerzos mecánicos más débiles que los previstos. Por ello, es necesario caracterizar las propiedades físico-químicas de cada adhesivo y su variación frente a los agentes externos



a los que pueda verse sometida. Esto es lo que se conoce como "durabilidad del adhesivo". Los valores de resistencia ambiental se dan siempre en relación a la resistencia definitiva que se logra en la junta adhesiva. Normalmente se emplean ensayos normalizados (a tracción, desgarro, etc.) y se observa la pérdida de la resistencia inicial en porcentaje, tras exponer la probeta al agente concreto durante un número determinado de horas. Las gráficas resultantes nos dan una idea de la degradación de la unión adhesiva bajo tales condiciones.

Los factores que pueden afectar la unión adhesiva pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

- Temperatura.
- Humedad.
- Fluidos: aceites, combustibles, disolventes orgánicos y clorados, agentes químicos agresivos, gases refrigerantes, etc.” (García, 1980)

2.2.13.1. Consecuencias

Las consecuencias debidas a una mala adherencia entre concretos pueden ser perjudiciales en gran medida y ello pondría en peligro la funcionalidad de la estructura.

2.2.13.1.1. Filtraciones

Las filtraciones en el concreto podrían aparecer debido a que no existe una adecuada adherencia en el concreto, esto puede verse aumentado si el adhesivo que se esté utilizando no funciona correctamente como un sellante, esto perjudicaría al elemento estructural al que se le aplique. (García, 1980)

2.2.13.1.2. Baja resistencia

Una consecuencia notable sería que al no haber una adecuada adherencia puede perderse en ese punto la resistencia a la que se ha diseñado, ello puede llevar al colapso a una estructura. (García, 1980)

2.2.13.1.3. Características del concreto a evaluar

“El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Pórtland y agua, une a los agregados, para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Las principales características y propiedades del concreto que pueden ser modificadas por los diferentes tipos y clases de cemento, son las siguientes:



- Cohesión y manejabilidad
- Concreto, pérdida de revenimiento fresco
- Asentamiento
- Tiempo de fraguado
- Adquisición de resistencia mecánica
- Resistencia al ataque de los sulfatos
- Estabilidad dimensional (cambios volumétricos)
- Estabilidad química (reacciones cemento-agregados)

Después de un proporcionamiento adecuado, así como, dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, con resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere muy poco o nada de mantenimiento.“(Sanchez,2001)

2.2.13.1.4. Testigo de concreto

La probeta de concreto se hará de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C-882, (Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy- Resin Systems Used With Concrete), Método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto.

Este método de la prueba cubre la determinación de la fuerza en la unión del concreto de cemento-Portland del uso de los sistemas de la vinculación de la de base de resina epóxica, este método de prueba que une el concreto nuevo al concreto endurecido. Este método de prueba nos permitirá evaluar de qué forma es posible unir los dos tipos de concreto para que estos conserven sus características mecánicas. Esta norma es la que proporciona las especificaciones de cómo hacer la prueba y elaborar la probeta. Luego de tener la probeta se aplica la resina en la superficie inclinada depositando el concreto nuevo para completar un cilindro que cumpla con las condiciones de esbeltez, para luego ser ensayado a compresión y corroborar el tipo de falla que se presente de acuerdo a la adherencia.

2.2.14. Pasos para el proporcionamiento: Método ACI**2.2.14.1. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr})****2.2.14.1.1. Método 1**

“Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

- Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño f'_{cr} que este dentro del rango de ± 70 kg/cm² de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

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

Donde:

- S = Desviación estándar, en kg/cm².
- X_i = Resistencia del espécimen de concreto, en kg/cm².
- \bar{X} = Resistencia del espécimen de concreto, en kg/cm².
- n = Numero de ensayos consecutivos de resistencia.

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

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(S_1)^2 + (n_2 - 1)(S_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Donde:

- \bar{S} = Desviación estándar promedio, en kg/cm².
- S_1, S_2 = Desviación estándar calculadas para los grupos 1 y 2 respectivamente, en kg/cm².



- $n_1, n_2 =$ Numero de ensayos en cada grupo respectivamente.” (Laura Huanca, 2006, p.5)

2.2.14.1.2. Método 2

“Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección indicado en la tabla 2-16 para obtener el nuevo valor “s”.

El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario”. (Laura, 2006, p.6).

Tabla 10. Factores de corrección método 2.

Factores de corrección método 2	
Muestras	Factor de corrección
Menos de 15	
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Fuente: Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo.

a) Cálculo de la resistencia promedio requerida

“Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida (f'_{cr}) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada $F'c$. La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35 kg/cm2 por debajo de la resistencia especificada $f'c$.

a) Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots \dots \dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- $s =$ Desviación estándar, en kg/cm^2

b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla 11 para la determinación de la resistencia promedio requerida”. (Laura, 2006, p.6)

Tabla 11: Factores de corrección – sin desviación estándar.

Factores de corrección – sin desviación estándar.	
$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c+70$
210 a 350	$f'c+85$
Sobre 350	$1.1 \times f'c+50$

Fuente : Norma Técnica E-060.

b) Elección del asentamiento (Slump)

Flavio Abanto Castillo, (2000), Págs. 63,64 afirma:

“Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la tabla 12:

Tabla 12: Clases de mezclas según su asentamiento.

Clases de mezclas según su asentamiento			
Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0” – 2” (0 mm – 50 mm)	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3” – 4” (0 mm – 50 mm)	Trabajable	Vibración ligera Apisonado
Fluida	≥ 5 ” (≥ 125 mm)	Muy trabajable	Apisonado

Fuente: Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo.

Tabla 13: *Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.*

Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción		
Tipos construcción	Revenimiento (cm)	
	máximo	mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	8
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo.

c) Selección de tamaño máximo del agregado

Las Normas de 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.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) nos indica:

“La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- ❖ 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- ❖ 1/3 del peralte de la losa; o
- ❖ 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.”

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 (1½”). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento. (Laura Huanca, 2006, p.7)

d) Estimación del agua de mezcla y contenido de aire

“En la primera estimación del agua de mezclado, no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados.

Tabla 14: *Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máx. de agregado.*

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máx. de agregado									
Asentamiento o slump (mm)		Agua en lt/m³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1½")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")
Concretos con aire incorporados									
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	(5" 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 incorporados									
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	(5" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	---
Aire incorporado (%) , en función del grado de exposición	E. suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	E. moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	E. Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

Fuente: Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo.

Podemos usar también la tabla 14 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, la textura el perfil del mismo.

Tabla 15: *Contenido de agua de mezcla.*

Contenido de agua de mezcla							
Tamaño máximo del a. grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregados grueso indicados					
		25 mm a 50 mm (1" – 2")		75 mm a 100 mm (3" – 4")		150 mm a 175 mm (5" – 7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado angulosos	Agregado redondeado	Agregado angulosos	Agregado redondeado	Agregado angulosos
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

Contenido de agua de mezcla							
Tamaño máximo del a. grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregados grueso indicados					
		25 mm a 50 mm (1" – 2")		75 mm a 100 mm (3" – 4")		150 mm a 175 mm (5" – 7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado angulosos	Agregado redondeado	Agregado angulosos	Agregado redondeado	Agregado angulosos
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1½"	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: Diseño de Mezclas. Enrique Rivva López

Obtenidos los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procedemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:” (Laura Huanca, 2006, Pag.8 y 9)

$$Volumen\ de\ agua(m^3) = \frac{Contenido\ de\ agua\ de\ mezclado\ (lt/m^3)}{Peso\ especifico\ del\ agua\ (999.0.1\ kg/m^3)}$$

e) 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”. (Abanto, 2000, p.65)

Por resistencia:

Para concretos preparados con cemento Portland tipo I o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla 16.

Tabla 16: *Contenido de agua de mezcla.*

Contenido de agua de mezcla		
Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²) *	Relación 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

Contenido de agua de mezcla		
Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²) *	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo.

Por durabilidad:

La Norma Técnica de Edificación E.060 nos indica 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 17.

Tabla 17: *Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición.*

Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición	
Condiciones de exposición	Relación a/c 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, sección delgada	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas solubles, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

Fuente: Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo.

f) Determinación de los agregados

La tabla 17 permite obtener un coeficiente b / b_0 resultante de división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg/m^3 . (Laura Huanca, 2006, p.13)

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

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto					
Tamaño máximo del agregado grueso		Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		Módulo de fineza del agregado 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	1½"	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: Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo.

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

$$\text{Peso seco del A. Grueso (kg/m}^3\text{)} = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compac. del A. Grueso})$$

Entonces los volúmenes de los agregados grueso y fino serán:

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco del A. Grueso}}{\text{Peso específico del A. Grueso}}$$

$$\text{Vol. Agre. Fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. Agua} + \text{Vol. Aire} + \text{Vol. cem.} + \text{Vol. agre. Grueso})$$

Por consiguiente, el peso seco del agregado fino será:

$$\text{Peso Agregado Fino (kg/m}^3\text{)} = \text{Vol. Agregado Fino} \times \text{P. E. del Agregado Fino}$$

**g) Ajustes por humedad y absorción**

“El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectada 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 esta 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”. (Laura Huanca, 2006, P.17)

Por lo tanto, si:

$$\text{Agregado grueso} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{ absorcion} = \%a_g \end{cases}$$

$$\text{Agregado fino} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{ absorcion} = \%a_f \end{cases}$$

Pesos de agregados húmedos:

$$\text{Peso A. Grueso Humedo(kg)} = (\text{Peso A. Grueso Seco}) \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. Fino Humedo(kg)} = (\text{Peso A. Fino Seco}) \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right)$$

Agua Efectiva:

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{Peso A. Grueso Seco}) \left(\frac{\%W_g - \%a_g}{100}\right) = X$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{Peso A. Fino Seco}) \left(\frac{\%W_f - \%a_f}{100}\right) = Y$$

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

**h) Cálculo de las proporciones en peso**

Laura Huanca, (2006):

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{agregado fino}}{\text{Peso A. Fino Humedo}} : \frac{\text{agregado grueso}}{\text{Peso A. Grueso Humedo}} / \frac{\text{agua}}{\text{Peso Cemento}}$$

$$\frac{\text{Peso Cemento}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso A. Fino Humedo}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso A. Grueso Humedo}}{\text{Peso Cemento}} / \frac{\text{Agua Efectiva}}{\text{Peso Cemento}}$$

i) Cálculo de las proporciones en volumen

Laura Huanca (2006) afirma:

Datos necesarios:

- Peso unitario suelto del cemento.
- Pesos unitarios sueltos de los agregados fino y grueso (en condición de humedad a la que se ha determinado la dosificación en peso).

Volúmenes en estado suelto:

$$\text{Cemento} : \text{Vol. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso cemento (kg)}}{\text{P. U. cemento (1500kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Agregado Fino} : \text{Vol. A. Fino (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A. Fino Humedo (kg)}}{\text{P. U. A. Fino Humedo (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Agregado Grueso} : \text{Vol. A. Grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A. Grueso Humedo (kg)}}{\text{P. U. A. Grueso Humedo (kg/m}^3\text{)}}$$

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

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

Proporciones en volumen:

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{agregado fino}}{\text{Vol. A. Fino Humedo}} : \frac{\text{agregado grueso}}{\text{Vol. A. Grueso Humedo}} / \frac{\text{Agua (Lts/Bls)}}{\text{Agua (Lts/Bls)}}$$

$$\frac{\text{Vol. Cemento}}{\text{C}} : \frac{\text{Vol. Cemento}}{\text{F}} : \frac{\text{Vol. Cemento}}{\text{G}} / \text{A}$$

**j) Cálculo de Cantidades por Tanda****❖ Datos necesarios:**

- Capacidad de la mezcladora.
- Proporciones en volumen.

❖ Cantidad de bolsas de cemento requerido:

$$\text{Cant. de bls de C}^\circ \text{ Reque.} = \frac{(\text{Capa. mezcla. (pie}^3)) (0.0283 \text{ m}^3) (P. Cemen(kg))}{\text{Peso por bolsa (42.5 kg)}}$$

❖ 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 requerida por la mezcladora.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Cantidad de bolsas de cementos por tanda}}{\text{Cantidad de bolsas requerida}} \times 100$$

❖ Volumen de concreto por tanda:

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

❖ Cantidades de materiales por tanda:

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

- Cemento : $1 \times n = n$ bolsas.
- Agregado fino : $F \times n =$ Cantidad de A. fino en m³.
- Agregado grueso : $G \times n =$ Cantidad de A. grueso en m³.
- Agua : $A \times n =$ Cantidad de agua en Lts. (Pag.13)

2.2.14.2. Elaboración de especímenes

Una muestra es una porción de concreto recién preparado con el que se harán las probetas, siguiendo los siguientes pasos:



- ❖ Seleccionar un espacio apropiado en la obra para elaborar las probetas. Este espacio debe cumplir los siguientes requisitos:
 - Debe tener una superficie horizontal, plana y rígida.
 - Debe estar libre de vibraciones.
 - De preferencia, debe tener un techo a fin de moldear las probetas bajo sombra.
- ❖ Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeado, verificar lo siguiente:
 - Los dispositivos de cierre de los moldes (pernos), deben estar en perfectas condiciones.
 - Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.
 - La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento.
 - La superficie interior de los moldes debe estar limpia.
 - Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.
- ❖ Se toma la muestra de concreto en el recipiente metálico destinado para ese fin (Equipos y Herramientas).
- ❖ El moldeado de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 10 cm. de altura, según el siguiente detalle:

Primera capa

- Colocar la mezcla en el molde y mezclarla con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.
- Colocar la mezcla en el molde y mezclarla con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.
- Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones ("chuzeadas") con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. El extremo redondeado de la varilla va hacia abajo.
- Una vez culminada la compactación de esta capa, golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas en el interior de la mezcla.

Segunda capa

- Colocar la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón.
- Compactar con 25 "chuzeadas" con la varilla lisa. La varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.



- Luego golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire.
- Segunda Capa, Colocar la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón

Tercera capa

- En esta última capa, agregar suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.
- Compactar esta tercera capa también mediante 25 "chuzeadas" con la varilla lisa, teniendo cuidado que estén uniformes y distribuidas en toda la masa recién colocada. No olvidar que en cada inserción la varilla debe ingresar 1 pulgada en la segunda capa.
- Culminada la compactación, golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire de la mezcla.
- Nivelar el exceso de mezcla con la varilla lisa de compactación. Dar un buen acabado con la plancha para obtener una superficie lisa y plana.
- Pega una etiqueta de papel en la parte externa del molde para identificar las probetas.

2.2.14.2.1. Compactación - apisonado

Coloque el Concreto en el molde con el número especificado de capas de aproximadamente igual volumen. Apisone cada capa con el extremo redondeado del pisón de acuerdo al número de penetraciones especificadas. Apisone la capa inferior en todo su espesor. Distribuya las penetraciones uniformemente sobre la sección transversal del molde. Para cada capa superior permita que el pisón penetre aproximadamente 1 pulg. (25 mm) en la capa anterior. Después de que cada capa haya sido apisonada, golpee ligeramente con el mazo el exterior del molde de 10 a 15 veces para cerrar cualquier orificio dejado durante el apisonado y para liberar las burbujas grandes de aire que hayan sido atrapadas. Utilice la palma de la mano para golpear ligeramente los moldes cilíndricos desechables que son susceptibles a dañarse si se golpean con el mazo. Después de golpear el molde, elimine el excedente de Concreto en los lados y extremos del molde en forma de viga con una llana u otra herramienta adecuada.

Los moldes que no fueron llenados completamente, deben ajustarse con Concreto representativo durante la compactación de la última capa. Debe retirarse el exceso de los moldes sobre llenados.



2.2.14.2.2. Acabado

Después de la compactación, enrase la superficie retirando el exceso de concreto con un badilejo. Realice el acabado con la manipulación mínima necesaria para producir una superficie plana y nivelada con el borde del molde y sin depresiones o promontorios mayores de 1/8 pulg (3,3 mm).

Después de la compactación del Concreto, se enrasa con un badilejo hasta la tolerancia requerida, para producir una superficie plana y nivelada.

2.2.14.2.3. Curado

Después de haber sido desmoldadas, curar las probetas inmediatamente, colocándolas en recipientes con agua potable. El agua debe cubrir completamente todas las caras de las probetas.

Después del moldeo y del acabado, las probetas deben almacenarse durante un periodo de hasta 48 horas, en un rango de temperatura entre 16 a 27 °C y en un ambiente húmedo para prevenir cualquier pérdida de humedad. Proteja todas las probetas contra el sol directo y de las fuentes de calor radiante. Los resultados pueden ser menores para temperaturas más altas de almacenamiento inicial.(Pasquel, 2003)

2.2.14.2.4. Transporte de las probetas al laboratorio

Las probetas no deben ser trasladadas hasta mínimo unas 8 h después del fraguado inicial. Durante su traslado, las probetas deben estar protegidas con un material acojinado y adecuado, que evite daños por las sacudidas. Durante el tiempo frío, proteja las probetas del congelamiento usando un material aislante adecuado. La pérdida excesiva de humedad puede prevenirse envolviendo las probetas en plástico, arpillera húmeda o rodeándolas con arena húmeda, o bien, ajustando tapas plásticas a los moldes plásticos. El tiempo de traslado no debe exceder de 4 h. (Pasquel, 2003)

2.2.15. Propiedades del concreto en estado fresco

2.2.15.1. Consistencia del concreto

2.2.15.1.1. Trabajabilidad del concreto

Sánchez de Guzmán (2001) nos dice:

“Trabajabilidad es aquella que determina cual es el trabajo utilizado en vencer la fricción entre los componentes del concreto, y entre éste y el encofrado o refuerzo, para lograr una compactación adecuada. En otras palabras, es la capacidad que él tiene para ser colocado y



compactado apropiadamente sin que se produzca segregación alguna. La trabajabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y la consistencia o movilidad.

- ❖ **Compacidad:** es la facilidad con la que el concreto o mortero fresco es compactado para reducir el volumen de vacíos y por lo tanto el aire atrapado.
- ❖ **Cohesividad:** es la aptitud que tiene el concreto o mortero fresco para mantenerse como una masa estable y sin segregación.
- ❖ **Plasticidad:** es la condición del concreto o mortero fresco que le permite deformarse continuamente sin romperse.
- ❖ **Consistencia o movilidad:** es la habilidad del mortero y concreto fresco para fluir, es decir la capacidad de adquirir la forma de los encofrados que lo contienen, y de llenar espacios vacíos alrededor de los elementos que absorbe”. (p. 108)

2.2.15.1.2. Asentamiento del concreto con el cono de Abrams

Sánchez de Guzmán (2001) afirma:

“Es una medida de la consistencia del concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla, esto indica qué tan seca o fluida está cuando se encuentra en estado plástico y no constituye por sí misma una medida directa de la trabajabilidad. Otras propiedades tales como cohesividad, facilidad de colocación y terminación son también importantes, pero no son medidas por este ensayo, de esta manera la medida de asentamiento sólo es un índice representativo del conjunto de dichas propiedades, que no las pondera según la influencia de cada una sobre el concreto, lo cual da lugar a que algunas características no queden bien representadas. El concreto en estado fresco se clasifica de acuerdo a la consistencia en mezcla muy seca, seca, semi-seca, media, húmeda y muy húmeda.

- ❖ **Mezcla muy seca:** El asentamiento es inferior a 2 cm y frecuentemente es empleada en la elaboración de prefabricados de alta resistencia. Debido a la poca trabajabilidad que tiene es necesario colocarla con vibradores de formaleta y compactarla mediante vibración externa.
- ❖ **Mezcla seca:** El asentamiento está entre 2,5 y 3.5cm, se utiliza en la construcción de pavimentos colocados con terminadora vibratoria.
- ❖ **Mezcla semi-seca:** El asentamiento está entre 3 y 5 cm, las aplicaciones más comunes son en pavimentos y cimentaciones en c. simple colocados mediante máquinas de operación manual y compactadas por vibración.

- ❖ **Mezcla media:** El asentamiento está entre 5 y 10 cm por lo cual se pueden emplear en pavimentos, losas, muros y vigas.
- ❖ **Mezcla húmeda:** El asentamiento está entre 10 y 15 cm, se utiliza en la elaboración de elementos esbeltos mediante bombeo.
- ❖ **Mezcla muy húmeda:** El asentamiento es mayor a 15 cm, se emplea en la construcción de elementos muy esbeltos y pilotes fundidos «in Situ».” (p. 110 -113).

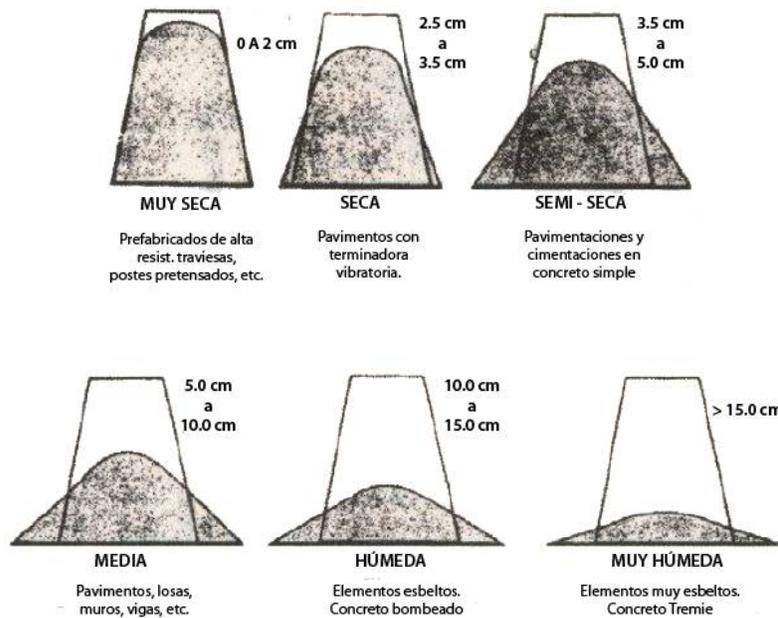


Figura 6. Clasificación de acuerdo a la consistencia del concreto.

Fuente: Colección Básica del Concreto, Asociación Colombiana de Productores del Concreto.

Procedimiento:

Norma Técnica Peruana 339.035 menciona que:

“La muestra no debe ser menor de 30 lt y el concreto muestreado no debe tener más de 1 hora de preparado. Entre la obtención de la muestra y el término de la prueba no deben pasar más de 10 minutos. Colocar el molde limpio y humedecido con agua sobre una superficie plana y humedecida, pisando las aletas. Verter una capa de concreto hasta un tercio del volumen (67 mm de altura) y apisonar con la varilla lisa uniformemente, contando 25 golpes. Verter una segunda capa de concreto (155 mm de altura) y nuevamente apisonar con la varilla lisa uniformemente, contando 25 golpes. Los golpes en esta capa deben llegar hasta la capa anterior. Verter una tercera capa (en exceso) y repetir el procedimiento, siempre teniendo cuidado en que los golpes lleguen a la capa anterior. Como es usual, les faltará un poco de

concreto al final, así es que tendrán que rellenar el faltante y enrasar el molde con la varilla lisa. Desde el inicio del procedimiento, hasta este punto no deben de haber pasado más de 2 minutos. Es permitido dar un pequeño golpe al molde con la varilla para que se produzca la separación del pastón. Ahora pasamos a retirar el molde con mucho cuidado (no debería hacerse en menos de 5 segundos), lo colocamos invertido al lado del pastón, y colocamos la varilla sobre éste para poder determinar la diferencia entre la altura del molde y la altura media de la cara libre del cono deformado.”

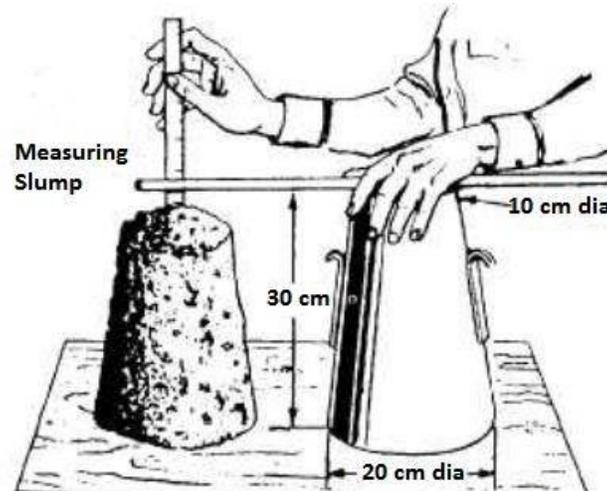


Figura 7. Asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

Fuente: www.theconstructor.org

Se distinguen 03 tipos de asientos característicos del pastón al retirar el molde:

- ❖ **Normal:** obtenido con mezclas bien dosificadas y un adecuado contenido de agua. El concreto no sufre grandes deformaciones ni hay separación de elementos. Es el que puede apreciarse en la foto.
- ❖ **De corte:** obtenido cuando hay exceso de agua y la pasta que cubre los agregados pierde su poder de aglutinar. Puede que no se observe gran asentamiento, pero si se puede observar corte en la muestra.
- ❖ **Fluido:** cuando la mezcla se desmorona completamente”.

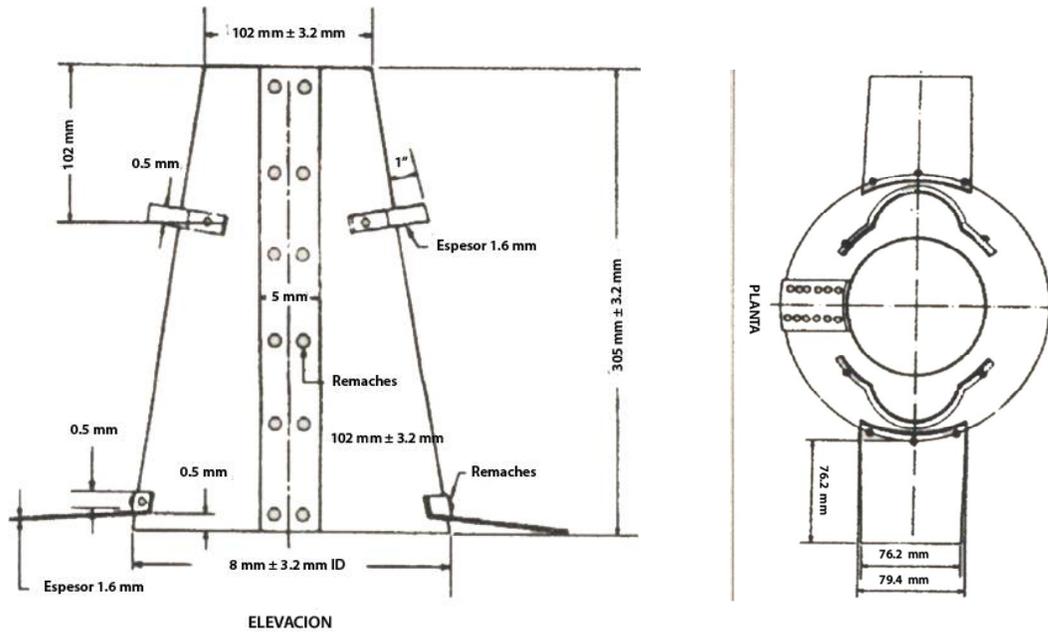


Figura 8. Características del cono de Abrams.

Fuente: Tecnología y propiedades. Instituto del Concreto (Asocreto). Colombia.

2.2.15.2. Aire en el concreto

Sánchez de Guzmán (2001):

“Este elemento está presente en todos los tipos de concreto, localizado en los poros no saturables de los agregados y formando burbujas entre los componentes del concreto, bien sea porque es atrapado durante el mezclado o al ser intencionalmente incorporado por medio del uso de agentes inclusores, tales como cementos o aditivos incorporadores de aire. El contenido de aire de un concreto sin agentes inclusores normalmente está entre el 1% y el 2% del volumen de la mezcla.

- ❖ **Aire atrapado:** El aire es atrapado de manera natural durante el proceso de mezclado, en algunos casos su contenido se incrementa a consecuencia de una deficiente colocación o compactación. El contenido depende de las propiedades del agregado. Los vacíos dejados por el aire atrapado normalmente tienen diámetros mayores a 1 mm , lo cual es un problema para el concreto, pues disminuye la resistencia, reduce las secciones efectivas de los elementos y causa mal aspecto.
- ❖ **Aire incorporado:** Son burbujas microscópicas de aire que se incluyen intencionalmente al concreto durante la preparación, con las cuales se busca mejorar la manejabilidad y disminuir el riesgo de exudación y segregación en estado fresco y aumentar la durabilidad en el concreto endurecido”. (p.119 y 120)



2.2.16. Propiedades del Concreto Endurecido

En esta investigación solo se realizó las pruebas de resistencia a compresión.

2.2.16.1. Resistencia a compresión

Precisamente, la Norma E-060: Concreto Armado, en sus Artículos 4.12 y 4.15, nos recomienda, en su Capítulo "Requisitos de construcción", aplicar lo siguiente en todas nuestras obras:

La verificación del cumplimiento de los requisitos para $f'c$, se basará en los resultados de probetas de concreto preparadas y ensayadas de acuerdo a las Normas. Se considera como un ensayo de resistencia, al promedio de los resultados de dos probetas cilíndricas preparadas de la misma muestra de concreto.

Instron Yahya Gharagozlou nos dice: “ la resistencia a compresión de cilindros de concreto es la relación de la carga máxima aplicada en el momento de la falla y el área transversal en que se aplica la carga, siendo el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.”

2.2.16.2. Mecanismo de fractura del concreto sujeto a la compresión

El IMCYC, Instituto mexicano del cemento y del concreto, 2006, nos dice:

“El mecanismo de fractura para realizar la prueba de resistencia del concreto nos describe el proceso necesario para realizar el ensayo a compresión hasta conseguir la fractura del espécimen de concreto, para lo cual se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Los cilindros para pruebas de aceptación deben tener un tamaño normalizado, respecto al diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.
- ❖ Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se nivelan con mortero de azufre o con almohadillas de neopreno. El cabeceo de azufre se debe aplicar como mínimo dos horas antes y preferiblemente un día antes de la prueba.



- ❖ Las almohadillas de neopreno se pueden usar para medir las resistencias del concreto entre 10 a 50 MPa. Para resistencias mayores de hasta 84 Mpa se permite el uso de las almohadillas de neopreno siempre y cuando hayan sido calificadas por pruebas con cilindros compañeros con cabeceo de azufre.
- ❖ No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.
- ❖ El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más de 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.
- ❖ Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).
- ❖ Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.
- ❖ La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección. La normativa presenta los factores de corrección en caso de que la razón longitud diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos dos cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba.
- ❖ El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura y todo defecto que presenten los cilindros o su cabeceo. Si se mide, la masa de los cilindros también deberá quedar registrada.
- ❖ La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de concreto resultan en una menor resistencia medida.
- ❖ Los resultados de las pruebas realizadas en diferentes laboratorios para la misma muestra de concreto no deberán diferir en más de 13% aproximadamente del promedio de los dos resultados de las pruebas.



- ❖ Una prueba a los tres o siete días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio, pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.”(IMCYC, 2006)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Es alta la incidencia del tiempo de curado del concreto respecto a la resistencia a compresión y a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

2.3.2. Sub hipótesis

❖ Sub hipótesis 1:

Es alta la incidencia del tiempo de curado del concreto de un día respecto a la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ Sub hipótesis 2:

Es alta la incidencia del tiempo de curado del concreto de un día respecto a la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ Sub hipótesis 3:

Es alta la incidencia del tiempo de curado del concreto de siete días respecto a la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ Sub hipótesis 4:

Es alta la incidencia del tiempo de curado del concreto de siete respecto a la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

❖ Sub hipótesis 5:

Es alta la incidencia del tiempo de curado del concreto de catorce días respecto a la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.



❖ **Sub hipótesis 6:**

Es alta la incidencia del tiempo de curado del concreto de veintiocho días respecto a la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

2.4. Variables e indicadores

2.4.1. Variables dependientes (ver tabla 19)

2.4.2. Indicadores de variables dependientes (ver tabla 19)

2.4.3. Variables independientes (ver tabla 19)

2.4.4. Indicadores de variables independientes (ver tabla 19)

Tabla 19: *Variables e indicadores*

Variables	Indicadores
Variables independientes	
Tiempo de curado del concreto	Antigüedad del concreto.
Variables dependientes	
Adherencia	Resistencia a la compresión en el plano de corte de los especímenes cilíndricos.
Resistencia a la compresión del concreto	❖ Fuerza Aplicada. ❖ Área

2.4.5 Operacionalización de las variables:

Tabla 20: Operacionalización de Variables de investigación

Variables de investigación				
Variab	Descripción	Nivel	Indicadores	Instrumento
Variables independientes				
<i>Tiempo de curado del concreto.</i>	El tiempo que el espécimen de concreto estuvo sumergido en agua	1 día 7 días 14 días 28 días	Antigüedad del Concreto (días)	Formato de recolección de datos de curado de especímenes.
Variable dependiente				
<i>Adherencia</i>	Medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural de concreto a las fuerzas de compresión.	7 días. 28 días.	Resistencia a la compresión en el plano de corte de los especímenes cilíndricos. (kg/cm ²). -Fuerza Aplicada(kg) -Área elíptica(cm ²)	-Formato de recolección de datos de ensayo a compresión de especímenes -Hojas de cálculo.
<i>Resistencia a la compresión del Concreto.</i>	Medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural de concreto a las fuerzas de compresión.	7 días 28 días.	-Resistencia a la Compresión. (kg/cm ²). -Fuerza Aplicada(kg) -Área circular(cm ²)	-Formato de recolección de datos de ensayo a compresión de especímenes. -Hojas de cálculo.

Capítulo 3: Metodología

3.1. Metodología de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Es aplicada: Utiliza los conocimientos de la ingeniería en la práctica, para aplicarlos y probar la hipótesis por medio de los experimentos realizados en laboratorio.

Es descriptiva : Porque describimos parte de la realidad, en nuestro caso el comportamiento a compresión del concreto de diferentes edades adherido con un puente adherente (epóxico).

Es hipotética deductiva: Ya que cumple con los pasos esenciales del método científico: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones, comprobación la hipótesis. Además que procederemos inductivamente, es decir, que vamos a partir de lo particular, que serán los ensayos, a lo general, que serán las conclusiones que obtendremos con los ensayos.

3.1.2. Nivel de la investigación

“Es descriptivo porque busca especificar las propiedades y características del fenómeno de estudio.

3.1.3. Esquema metodológico de la investigación

Tabla 21: Cuadro de metodología de la tesis

Item	Descripción	¿Porque?
Enfoque	Cuantitativo	Se va a estudiar una realidad objetiva única. Se aplica la lógica deductiva (hipótesis inicial), La posición de los investigadores será neutral. La naturaleza de los datos es cuantitativa.
Nivel o Alcance	Descriptivo	Es descriptivo porque busca especificar las propiedades y características del fenómeno de estudio.
Diseño	Cuasi-experimental	Es cuasi-experimental porque se van a modificar deliberadamente variables independientes y observar su relación y efecto en las variables dependiente.

Fuente: Metodología de la Investigación. Sampieri



3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño metodológico

La presente investigación está clasificada en el diseño cuasi-experimental, ya que cumple con los siguientes requisitos.

Primero: se manipuló las variables independientes (tiempo de curado del concreto).

Segundo: se realizó mediciones del efecto de la variable independiente en la dependiente (incremento o decremento de la resistencia a compresión).

3.2.2. Diseño de ingeniería

3.2.2.1. Diseño procedimental de experimentos

Se dividió procesos de la investigación en tres puntos resaltantes, los cuales detallamos a continuación:

3.2.2.1.1. Diseño de mezclas del concreto

En esta etapa se determinó las características requeridas para el concreto. Así como las propiedades del concreto en estado fresco, propiedades mecánicas en estado endurecido.

3.2.2.1.2. Elaboración de especímenes

En esta etapa se realizó:

- La elaboración de especímenes cilíndricos en los que utilizo un puente adherente uniendo concreto de diferentes edades.
- La elaboración de especímenes cilíndricos patrón para determinar la resistencia a compresión

3.2.2.1.3. Ensayos del concreto fresco y endurecido

En esta etapa se realizó los ensayos del concreto fresco como la consistencia del concreto. También del concreto endurecido como son la resistencia a la compresión.

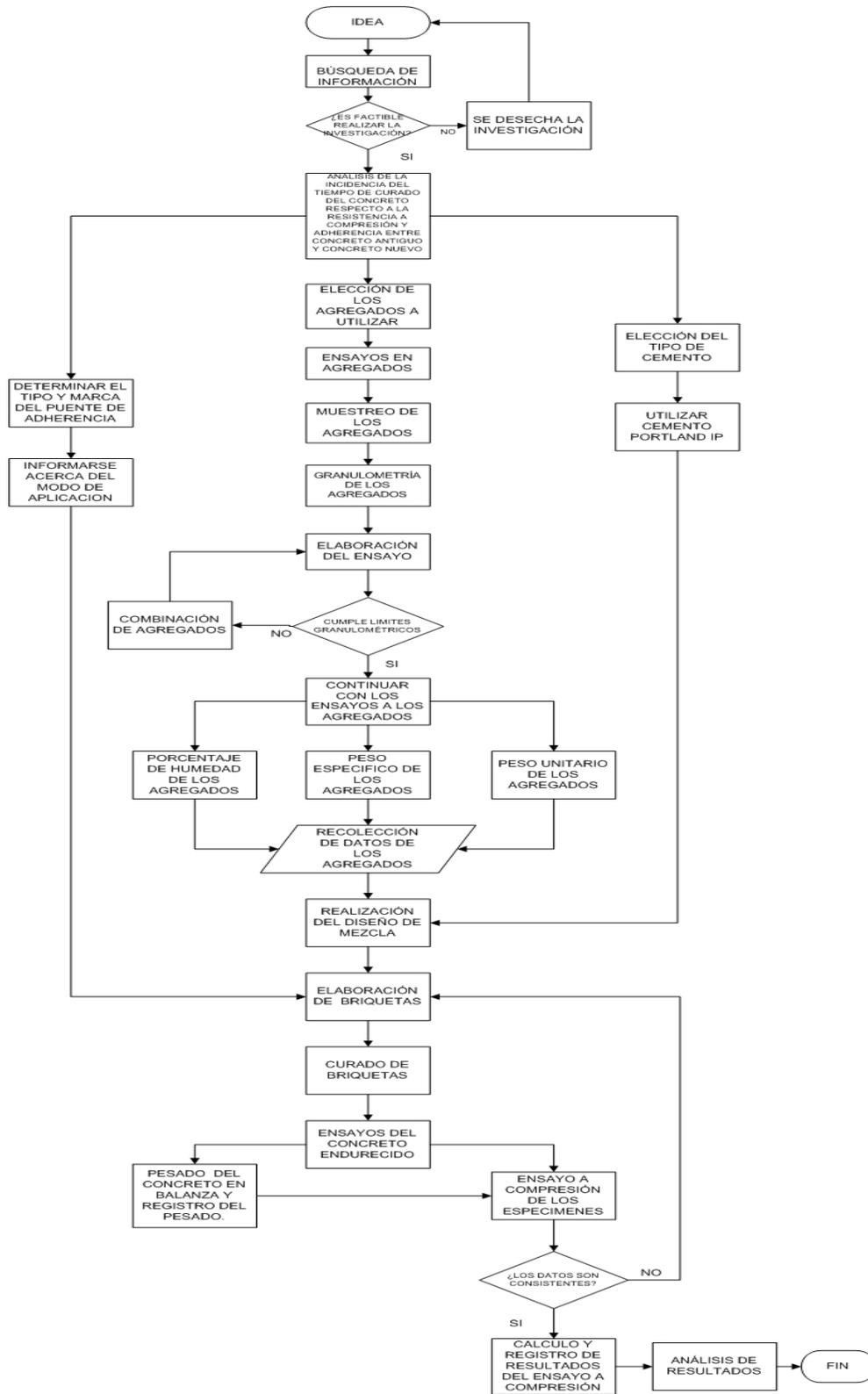


Figura 9. Diagrama de flujo del diseño de ingeniería

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Descripción de la población

En el presente estudio tenemos como población los elementos de concreto (briquetas) elaborados con agregado grueso de la cantera de Vicho, agregado fino de la combinación de las canteras de Cunyac y Mina Roja.

3.3.2. Descripción de la muestra

En la presente investigación tiene como muestra los elementos estructurales representados por las briquetas de concreto elaboradas tanto con puente de adherencia y sin puente de adherencia (patrón).

Como la muestra es la misma que la población el método de muestreo es no probabilístico, porque la elección de los elementos no es aleatoria, sino de acuerdo a los propósitos de la investigación.

Tabla 22: Cantidad de muestras de concreto para el ensayo a compresión

<i>Casos</i>	<i>Briquetas patrón</i>	<i>Briqueta con puente de adherencia</i>	<i>N° Total de briquetas</i>
<i>A-1-7</i>	8	20	28
<i>A-1-28</i>	8	20	28
<i>B-7-7</i>	8	20	28
<i>B-7-28</i>	8	20	28
<i>C-14-28</i>	8	20	28
<i>D-28-28</i>	8	23	31
TOTAL	48	123	171

Siendo:

- (A-1-7): Concreto 1 día de curado evaluado a compresión a 7 días
- (A-1-28): Concreto 1 día de curado evaluado a compresión a 28 días
- (B-7-7): Concreto 7 días de curado evaluado a compresión a 7 días
- (B-7-28): Concreto 7 días de curado evaluado a compresión a 28 días
- (C-14-28): Concreto 14 días de curado evaluado a compresión a 28 días
- (D-28-28): Concreto 28 días de curado evaluado a compresión a 28 días



3.3.3. Criterios de evaluación de la muestra

Se evaluó las muestras considerando la combinación de los tiempos de curado del concreto en los especímenes con puente adherente con respecto a una muestra patrón, como se detalla a continuación:

- ❖ Concreto sin puente adherente (concreto patrón).
- ❖ Incidencia de un día de curado del concreto en la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.
- ❖ Incidencia de un día de curado del concreto en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.
- ❖ Incidencia de siete días de curado del concreto en la resistencia a compresión evaluado a siete días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.
- ❖ Incidencia de siete días de curado del concreto en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.
- ❖ Incidencia de catorce días de curado del concreto en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.
- ❖ Incidencia de veintiocho días de curado del concreto en la resistencia a compresión evaluado a veintiocho días respecto a la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.

3.3.4. Criterios de inclusión

Es necesario especificar criterios de inclusión, ya que cuando se realiza investigación con grupos o pruebas hay muchas cosas que puede influir en la investigación, por el cual se tiene que decidir qué factores son importantes y cuales tenemos que revisar, entonces excluir o aceptar los especímenes.

3.3.4.1. Concreto

- ❖ Las briquetas deben alcanzar la resistencia a la compresión f'_c de 210 kg/cm² a los 28 días del ensayo.
- ❖ Debe cumplir con las especificaciones y procedimientos del diseño de mezclas del ACI.
- ❖ Cemento Portland tipo IP.
- ❖ Cemento de la marca Yura.
- ❖ Agregado grueso proveniente de la cantera de Vicho.
- ❖ Agregado grueso de tamaño máximo del agregado de 1”.



- ❖ El agregado grueso cumpla con el análisis granulométrico de la norma NTP 400.012-2001.
- ❖ Agregado fino proveniente de la cantera de Vicho y Mina roja.
- ❖ El Agregado fino cumpla con el análisis granulométrico de la norma NTP 400.012-2001.
- ❖ Las briquetas utilizan un puente adherente de la marca Sika.
- ❖ El agua que se uso es potable.
- ❖ Las briquetas son de forma cilíndrica de 15cm de diámetro y 30cm de altura.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizaron formatos para recolectar información sobre los ensayos, así como apreciaciones por parte de los investigadores.

3.4.1.1. Instrumentos de recolección de datos para el diseño de mezcla patrón

Se recolecto datos sobre los ensayos a los agregados para el diseño de mezcla, los cuales se muestran a continuación:



**Universidad Andina del Cusco**
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: "ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO"
Tesisistas: Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres
Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco - Peru- 2016

GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS
NTP 400.012-2001

AGREGADO FINO

Nro Ficha

Cantera : Kunyac
Peso de la Muestra :

N°	Tamiz	Peso(g)	Peso Acum.(g)
1	?"		
2	N° 4		
3	N° 8		
4	N° 16		
5	N° 30		
6	N° 50		
7	N° 100		
8	N° 200		
9	FONDO		
10	LAVADO		

Cantera : Mina Roja
Peso de la Muestra :

N°	Tamiz	Peso(g)	Peso Acum.(g)
1	?"		
2	N° 4		
3	N° 8		
4	N° 16		
5	N° 30		
6	N° 50		
7	N° 100		
8	N° 200		
9	FONDO		
10	LAVADO		

Figura 10. Formato de recolección de datos para la granulometría de los agregados finos





Universidad Andina del Cusco
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: "ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO"

Tesisistas: Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres
Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco - Peru- 2016

GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS
NTP 400.012-2001

AGREGADO GRUESO

Nro Ficha

Cantera : Vicho
Peso de la Muestra :

N°	Tamiz	Peso(g)	Peso Acum.(g)
1	2"		
2	1 ½"		
3	1"		
4	¾"		
5	½ "		
6	?"		
7	N° 4		
8	N° 8		
9	N° 16		
10	FONDO		

Figura 11. Formato de recolección de datos para la granulometría de los agregados gruesos

**Universidad Andina del Cusco**
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: * ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO *
Tesisistas: *Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres*
Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco - Peru- 2016

PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO
NTP 400.022-2002

Cantera :	<input type="text"/>	Nro Ficha	<input type="text"/>
Peso de la Muestra :	<input type="text"/>		
Volumen de la Fiola	<input type="text"/>	cm3	
Peso de la Fiola	<input type="text"/>	g	
Peso de la Fiola con Agua	<input type="text"/>	g	
Peso de la Muestra	<input type="text"/>	g	
Peso de la Fiola con Agua y Muestra	<input type="text"/>	g	
Peso del Recipiente (Horno)	<input type="text"/>	g	
Peso de la Muestra Seca	<input type="text"/>	g	

Figura 12. Formato de recolección de datos para el peso específico del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

**Universidad Andina del Cusco**
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: * ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO *
Tesisistas: *Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres*
Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco - Peru- 2016

PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO
NTP 400.021-2002

Cantera :	<input type="text"/>	Nro Ficha	<input type="text"/>
Peso de la Muestra :	<input type="text"/>		
Peso del Recipiente	<input type="text"/>	g	
Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca con Recipiente	<input type="text"/>	g	
Peso de la Muestra Sumergida	<input type="text"/>	g	
Peso de la Muestra Seca con Recipiente	<input type="text"/>	g	

Figura 13. Formato de recolección de datos para el peso específico del agregado grueso

**Universidad Andina del Cusco**
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: * ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO *
Tesisistas: *Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres*
Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco - Peru- 2016

PESO UNITARIO DEL AGREGADO
NTP 400.017-1999

Cantera :	<input type="text"/>	Nro Ficha	<input type="text"/>
Peso de la Muestra :			
Peso del Recipiente	<input type="text"/>	g	
Peso del Recipiente con Muestra Suelta	<input type="text"/>	g	
Peso del Recipiente con Muestra Compactada	<input type="text"/>	g	
Volumen del Recipiente	<input type="text"/>	cm3	

Figura 14. Formato de recolección de datos para el peso unitario de los agregados

**Universidad Andina del Cusco**
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: * ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO *
Tesisistas: *Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres*
Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco - Peru- 2016

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO
NTP 400.015-2002

Cantera :	<input type="text"/>	Nro Ficha	<input type="text"/>
Peso de la Muestra :			
Peso del Recipiente	<input type="text"/>	g	
Peso del Recipiente con Muestra	<input type="text"/>	g	
Peso del Recipiente con Muestra Seca	<input type="text"/>	g	

Figura 15. Formato de recolección de datos para el contenido de humedad de los agregados



3.4.1.2. Instrumentos de recolección de datos para la elaboración de especímenes:

Se recolectaron datos al elaborar los especímenes de concreto:

	<p>Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p>Tesis: * ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO*</p> <p>Tesistas: <i>Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres</i></p> <p>Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco - Peru- 2016</p> <p><u>ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES</u></p>																												
	<table border="1"><tr><td>Nro de ensayo</td><td><input type="text"/></td><td>Nro Ficha</td><td><input type="text"/></td></tr><tr><td>Fecha de elaboracion</td><td><input type="text"/></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Fecha de rotura</td><td><input type="text"/></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Cantidad de especimenes</td><td><input type="text"/></td><td>und</td><td></td></tr><tr><td>Dificultad de mezclado</td><td><input type="text"/></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Dificultad de compactacion</td><td><input type="text"/></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Observaciones</td><td colspan="3"><input type="text"/></td></tr></table>	Nro de ensayo	<input type="text"/>	Nro Ficha	<input type="text"/>	Fecha de elaboracion	<input type="text"/>			Fecha de rotura	<input type="text"/>			Cantidad de especimenes	<input type="text"/>	und		Dificultad de mezclado	<input type="text"/>			Dificultad de compactacion	<input type="text"/>			Observaciones	<input type="text"/>		
Nro de ensayo	<input type="text"/>	Nro Ficha	<input type="text"/>																										
Fecha de elaboracion	<input type="text"/>																												
Fecha de rotura	<input type="text"/>																												
Cantidad de especimenes	<input type="text"/>	und																											
Dificultad de mezclado	<input type="text"/>																												
Dificultad de compactacion	<input type="text"/>																												
Observaciones	<input type="text"/>																												

Figura 16. Formato de recolección de datos elaboración de especímenes

3.4.1.3. Instrumentos de recolección de datos para los ensayos en el concreto

3.4.1.3.1. Instrumentos para Concreto Fresco:



Universidad Andina del Cusco
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: "ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO"
Tesisistas: Elizabet Mamani Callapiña; Yanet Huayta Torres
Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil - Cusco - Peru - 2016

CONSISTENCIA DEL CONCRETO - SLUMP TEST
NTP 339.035

Nro Ficha

PRIMER ENSAYO

N° Ensayo	<input type="text"/>	
Asentamiento	<input type="text"/>	cm
Observaciones	<input type="text"/>	

SEGUNDO ENSAYO

N° Ensayo	<input type="text"/>	cm
Asentamiento	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	

Figura 17. Formato de recolección de datos del ensayo de cono de Abrams

3.4.1.3.2. Instrumentos para concreto endurecido



Universidad Andina del Cusco
Facultad de Ingeniería
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: "ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL TIEMPO DE CURADO DEL CONCRETO RESPECTO A LA ADHERENCIA ENTRE CONCRETO ANTIGUO Y CONCRETO NUEVO"

Tesisistas: *Elizabet Mamani Callepiña; Yanet Huelya Torres*

Lugar: Laboratorio de Suelos Concreto y Asfaltos de Ingeniería Civil -Cusco- Perú- 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Fecha y Hora

No Ficha

OBSERVACIONES:

Nº	Peso (kg)	ALTURA (cm)	DIAMETRO 1 (cm)	DIAMETRO 2 (cm)	AREA DE COMPRESION (cm ²)	ESFUERZO DE COMPRESION (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Figura 18. Formato de recolección de datos para el ensayo de medición de la resistencia a la compresión del concreto

3.4.2. Instrumentos de ingeniería

3.4.2.1. Instrumentos de ingeniería para el diseño de mezcla patrón

- ❖ Granulometría del agregado
 - Tamices para agregado grueso: 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", N° 4, N° 8, N° 16, fondo.
 - Tamices para agregado fino: ⅜", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200.
 - Balanza con precisión 0.1 g.
 - Horno de temperatura constante
- ❖ Peso específico del agregado fino
 - Fiola 500 ml.
 - Horno eléctrico.
 - Cono de absorción.



- Bomba de vacío.
- Balanza con precisión 0.01 g.
- Horno de temperatura constante
- ❖ Peso específico agregado grueso
 - Balanza con canastilla.
 - Franela.
 - Horno de temperatura constante
 - Balanza con precisión 0.1 g.
- ❖ Peso unitario del agregado
 - Recipiente con volumen conocido
 - Apisonador de 5/8.
- ❖ Contenido de humedad del agregado
 - Horno de temperatura constante

3.4.2.2. Instrumentos de recolección de datos para la elaboración de especímenes

- Mezcladora de 09 pie³.
- Vibradora.
- Apisonador de 5/8.
- Moldes para especímenes a compresión R=0.15 m, H= 0.30 m.

3.4.2.3. Instrumentos de recolección de datos para los ensayos

3.4.2.3.1. Instrumentos para concreto fresco

- ❖ Consistencia del concreto - Slump test
 - Cono de Abrams.
 - Apisonador de 5/8

3.4.2.3.2. Instrumentos para concreto endurecido

- ❖ Resistencia a la compresión del concreto
 - Prensa digital para ensayo a compresión
 - Balanza
 - Regla
 - Vernier

3.5. Procedimientos de recolección de datos

3.5.1. Procedimiento de recolección de datos para el diseño de mezcla patrón

3.5.1.1. Procedimiento para el muestreo de los agregados

Para obtener la muestra representativa del agregado fino y grueso, se tomó la siguiente cantidad de muestra:

- ❖ Agregado grueso: 70 kg. Cantera de Vicho
- ❖ Agregado fino: 25 kg. Cantera de Cunyac
- ❖ Agregado fino: 25 kg. Cantera de Huambutio (Mina roja)

El procedimiento es el siguiente:

- A. Primero procedemos a echar el material en el piso del laboratorio.
- B. Seguidamente pasamos a seleccionar el material con la malla de 1", para comprobar el tamaño máximo del agregado.
- C. Terminado el tamizado procedemos a mezclar.
- D. Procedemos a expandir el material (agregado grueso) para que forme una ruma del agregado, luego lo expandimos con una pala hasta darle una base circular de espesor uniforme.



Figura 19. Cuarteo – ruma de agregado

E. Seguidamente, se procedió a palear el montón de agregado, dando 7 vueltas alrededor de este en un solo sentido, formándose un cúmulo de forma cónica.



Figura 20. Cuarteo – división del agregado en 04 partes.

F. Seguidamente usando la regla de madera procedemos a cuartear el material en cuatro partes iguales, se toman dos partes opuestas que sean aproximadamente semejantes, desechando las otras dos.



Figura 21. Cuarteo – selección de las partes opuestas iguales.

- G. A continuación, repetimos el procedimiento hasta que la cantidad de muestra, quede reducida a la cantidad requerida en el laboratorio para cada ensayo.
- H. Este material pesado se guarda en una bolsa, este material se usó para los diferentes ensayos del agregado.

3.5.1.2. Ensayo de granulometría de los agregados (NTP 400.012:2013. análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global).

3.5.1.2.1. Ensayo de granulometría del agregado fino

- A. Se tomó la muestra de agregado fino del material al cual se realizó en muestreo. La norma NTP 400.12 nos indica que para el agregado fino la cantidad muestra es de 5000.00 gr.



Figura 22. Mezcla de arena de Cunyac y arena de Mina Roja.

- B. Se seleccionaron tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida, los cuales fueron: $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- C. Se procedió a la colocación de los tamices en el tamizador mecánico, realizando el zarandeo por 5 minutos.



Figura 23. Granulometría A. fino – tamizado.

D. Después se procedió a pesar el material de cada retenido en cada tamiz



Figura 24. Granulometría A. fino– registro del peso retenido.

E. Seguidamente se calcula el porcentaje retenido, dividiendo el peso retenido parcial en cada malla, entre el peso de la muestra total de agregado fino.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en cada tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100\%$$

F. Se suma el % retenido de cada malla progresivamente y se obtiene el porcentaje retenido acumulado.

$$\%Retenido\ Acumulado_i = \%Retenido_i + \sum_{j=0}^{j=i-1} \%Retenido_j$$

G. Para hallar el % acumulado que pasa, se realiza la diferencia entre 100% y el porcentaje retenido acumulado.

$$\% Que\ pasa = 100\% - \% Retenido\ Acumulado$$

Los datos registrados del ensayo son los siguientes:

Tabla 23: Granulometría: datos obtenidos – agregado fino mejorado.

Granulometría agregado fino mejorado 30% Mina Roja y 70% Cunyac	
Tamiz	Peso retenido (g)
3/8"	0.00
N° 4	181.08
N° 8	472.79
N° 16	704.50
N° 30	1659.38
N° 50	1121.37
N° 100	586.68
N° 200	165.87
FONDO	92.28
LAVADO	13.81
TOTAL	4997.75

3.5.1.2.2. Ensayo de granulometría del agregado grueso

- Se tomó la muestra de agregado fino del material al cual se realizó en muestreo. La norma NTP 400.12 nos indica que para el agregado grueso la cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será la cantidad mínima de 10 kg.
- Seguidamente se procedió al secado de las muestras a peso constante a una temperatura de 110 ° C +5° C.
- Se seleccionaron tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida, siendo los tamices: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16.
- Se separó la muestra dos partes iguales, para evitar la aglomeración en los tamices y así evitar errores en el ensayo.
- Se procedió a la colocación de los tamices en el tamizador mecánico, realizando el zarandeo por 8 minutos.



Figura 25. Tamizado mecánico del agregado grueso.

F. Después se pesó el material de cada retenido en cada tamiz.



Figura 26. Tomando datos del peso retenido de la piedra de vicho.

G. Seguidamente se calcula el porcentaje retenido, dividiendo el peso retenido parcial en cada malla, entre el peso de la muestra total de agregado fino.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en cada tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100\%$$