



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y
REVENIMIENTO DE UN CONCRETO $f'c=210$ KG/CM² ADICIONADO CON
FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS
RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE
0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%

PRESENTADO POR: BACH. PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN
BACH. EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR: ING. JORGE ALVAREZ ESPINOZA

CUSCO – PERÚ

2017



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación principalmente a Dios, por proteger a toda mi familia y darme la tranquilidad necesaria para mi desarrollo profesional y a mis padres Isabel y Juan Carlos, por la oportunidad de ser alguien en esta vida otorgándome una educación de calidad.

PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN

Dedico el presente trabajo a mis padres Mary y Raul, por darme fuerzas para poder seguir el día a día, a mi tío Euler por la guía a través del desarrollo de la tesis y a mi familia por la inmensa paciencia y apoyo que me brindaron.

EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis papas, a mi hermana, a mis tíos y a mis abuelos por todo el soporte brindado y lograr que sea una persona de bien para la sociedad, a mis docentes de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco por otorgarme los conocimientos necesarios y enseñarme a querer esta profesión, al Ingeniero Jorge Alvarez Espinoza por ser guía en el desarrollo de este trabajo, a todos mis amigos por ser parte importante en mi vida y a ti por darme tu tiempo y cariño hasta el día de hoy.

PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN

Agradezco a mis docentes de la Universidad Andina del Cusco por brindarme los conocimientos necesarios para poder realizar esta investigación, al Ing. Alvarez Espinoza por ser nuestro guía y mentor a cada paso realizado en este proceso, a mi familia y amigos por darme tanto cariño y apoyo.

EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal hacer un **análisis comparativo** de un **concreto** patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionado con **fibras de alambre galvanizado** en forma de **púas** vs otro adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma **rectilínea con ganchos**, tomando como parámetros de evaluación el **revenimiento** y la resistencia a **tracción**.

Los concretos fueron elaborados con cemento Portland tipo IP, agregado fino de las canteras de Cunyac (55%) y confitillo de Vicho (45%), agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " de la cantera de Vicho, pues estos fueron los agregados escogidos que cumplieron con las características exigidas por las Normas Técnicas Peruanas en el Manual de Ensayos del MTC, fibras de alambre galvanizado en forma de púas y rectilíneas con ganchos fabricadas manualmente en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% respecto al peso total de la mezcla patrón, el concreto fue diseñado con el **método ACI** (American Concrete Institute).

Se realizaron 144 muestras cilíndricas, las cuales fueron sometidas a ensayos de resistencia a compresión y tracción (ensayo brasilero – **Split Test**) con la inclusión de fibras de alambre galvanizado en forma de púas y rectilíneas con ganchos fabricadas manualmente en **porcentajes** de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% respecto al peso total de la mezcla patrón, cantidades que se consideraron razonables para la investigación, basados en el Manual Técnico para el uso de fibras como refuerzo estructural de MACAFERRI; de la misma manera se consideró la influencia de estas fibras de alambre galvanizado en el revenimiento del concreto, estudiada a través del Cono de Abrams.

Los resultados obtenidos con la inclusión de fibras de alambre galvanizado en forma de púas al 2.0% y en forma rectilínea con ganchos al 1.5% presentaron un mejor comportamiento a tracción para los 07, 14 y 28 días de curado.

En conclusión, el reemplazo con fibras de alambre galvanizado en forma de púas y rectilínea con ganchos al 2.0% y 1.5% respectivamente, en función al peso total de la mezcla patrón, dan como resultado un mejor comportamiento a tracción y también se determinó que mientras más porcentaje de fibras se agrega en ambos casos la consistencia de la mezcla tiende a volverse seca.



ABSTRACT

The main objective of this research work is to make a **comparative analysis** of a concrete pattern $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ added with **galvanized wire fibers** in the form of **barbed** wire against another one added with galvanized wire fibers in a **rectilinear** form with hooks, taking as evaluation parameters the **slump** and **tensile** strength.

The concretes were made with IP type Portland cement, fine aggregate from the Cunyac quarries (55%) and Vicho confitillo (45%), a coarse aggregate of $\frac{3}{4}$ " from the Vicho quarry, as these were the chosen aggregates that fulfilled with the characteristics required by the Peruvian Technical Standards in the Manual of Tests of the MTC, galvanized wire fibers in the form of tines and rectilinear with hooks manufactured manually in percentages of 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% and 2.5% with respect to the total weight of the master mix, the concrete was designed with the **ACI** (American Concrete Institute) **method**.

144 cylindrical samples were made, which were subjected to tests of resistance to compression and traction (Brazilian test - **Split Test**) with the inclusion of galvanized wire fibers in the form of barbs and rectilinear with hooks manufactured manually in **percentages** of 0.5%, 1.0 %, 1.5%, 2.0% and 2.5% regarding the total weight of the master mix, quantities that were considered reasonable for the research, based on the Technical Manual for the use of fibers as a structural reinforcement of MACAFERRI; In the same way, the influence of these galvanized wire fibers on the slump of concrete, studied through the Cone de Abrams, was considered.

The results obtained with the inclusion of galvanized wire fibers in the form of barbs at 2.0% and in a rectilinear form with hooks at 1.5% showed a better tensile behavior for the 07, 14 and 28 days of curing.

In conclusion, the replacement with galvanized wire fibers in the form of barbs and rectilinear with hooks at 2.0% and 1.5% respectively, depending on the total weight of the master mix, result in a better tensile behavior and it was also determined that while more percentage of fibers is added in both cases the consistency of the mixture tends to become dry.



INTRODUCCIÓN

En nuestra región tenemos una problemática respecto a la falta de innovación de nuevas tecnologías en la producción del concreto, como investigar nuevos métodos de diseño, nuevos materiales y nuevas dosificaciones; al no contar con estos estudios nos sumergimos en el único uso de concreto tradicional y esperar a que nuevas tecnologías lleguen del exterior, por no ser desarrolladas en nuestro entorno.

Hoy en día el uso de fibras como elementos estructurales para el reforzamiento del concreto, se está implementando en gran medida para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. Es por dicha razón que se desarrolla este tema de investigación con la finalidad de mejorar la resistencia a la tracción de un concreto tradicional adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma de púas y compararlo con otro concreto adicionando fibras en forma rectilínea con ganchos en proporciones de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%, para posteriormente determinar si existe diferencia al usar las distintas formas de fibras y si estas pueden ser usadas en elementos estructurales, como losas, vigas, pavimentos rígidos, etc.

Este trabajo de investigación comenzó por la identificación del problema, luego se procedió a establecer las limitaciones de esta investigación como son las canteras de los agregados, tipo de cemento, forma y material de fibras, etc.; tomando en cuenta información de libros, normas, investigaciones, fichas técnicas y manuales; al establecer estas limitaciones se evaluaron las características de los materiales según el “MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES – MTC (2016)”, teniendo conocimiento de estos datos se realizó seguidamente el diseño de mezcla para un concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ por el método ACI, a continuación se hizo la toma de datos de los ensayos de tracción indirecta (METODO BRASILEIRO – SPLIT TEST) y los ensayos de resistencia a la compresión en los distintos testigos cilíndricos de concreto a los 7, 14 y 28 días de fraguado, estas muestras fueron curadas en pozos con agua a $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ como indica el manual mencionado anteriormente.

Tras analizar los datos obtenidos finalmente se formularon las conclusiones y recomendaciones de nuestro trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	2
1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	2
1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD	3
1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA	3
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5. HIPÓTESIS	4
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	4
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	4
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES	5
1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	5
1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	5
1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ACTUAL	7
2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL.....	7
2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL	9
2.2 ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES	10
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	52
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	52



3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN: 52

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN:..... 52

3.1.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN:..... 53

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... 53

3.2.2. DISEÑO METODOLÓGICO: 53

3.2.3. DISEÑO DE INGENIERÍA: 53

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 55

3.3.2. POBLACIÓN 55

3.3.3. MUESTRA 55

3.3.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:..... 56

3.4. INSTRUMENTOS 57

3.4.2. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS: 57

3.4.3. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA 64

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 64

3.5.1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
(MTC E 204)..... 64

3.5.2. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE N° 200 POR
LAVADO (MTC E 202)..... 69

3.5.3. PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E 203) 70

3.5.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
(MTC E 205)..... 72

3.5.5. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
(MTC E 206)..... 76

3.5.6. MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE
LOS AGREGADOS POR SECADO (MTC E 215)..... 78

3.5.7. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES DE HORMIGÓN
(CONCRETO) EN EL LABORATORIO (MTC E 702)..... 80

3.5.8. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP - REVENIMIENTO)
(MTC E 705)..... 97

3.5.9. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS
(MTC E 704)..... 102

3.5.10. ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS ESTANDARES DE
CONCRETO (MTC E 708) 105

3.6. PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DE DATOS 116

3.6.1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO..... 116

3.6.2. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ARENA CUNYAC).. 117

3.6.3. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (CONFITILLO) 119



3.6.4. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (COMBINADO) 120

3.6.5. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 POR
LAVADO 122

3.6.6. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS 123

3.6.7. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS 124

3.6.8. PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO 125

3.6.9. MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS
AGREGADOS 125

3.6.10. DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO ACI 211.1 126

3.6.11. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES DE HORMIGÓN
(CONCRETO) EN EL LABORATORIO 131

3.6.11.1. ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS (BRIQUETAS) DE CONCRETO 131

3.6.11.2. CURADO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO 136

3.6.12. REVENIMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP) 139

3.6.13. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS 142

3.6.14. ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS 143

CAPÍTULO IV: RESULTADOS 153

CAPÍTULO V - DISCUSIÓN 169

GLOSARIO 172

CONCLUSIONES 174

RECOMENDACIONES 176

REFERENCIAS 178

ANEXOS 180



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: Concreto Adicionado con Fibras Metálicas	1
FIGURA 02: Concreto en Estado Plástico.....	10
FIGURA 03: Esquema de fabricación del cemento portland.....	20
FIGURA 04: Relación de la contracción S del concreto, en función del porcentaje de agregado del concreto	23
FIGURA 05: Curva Granulométrica.....	26
FIGURA 06: Formas de Fibras Metálicas	39
FIGURA 07: Fibra metálica doblada	40
FIGURA 08: Ensayos de flexión de concretos con fibras metálicas	40
FIGURA 09: Solicitaciones externas en la prueba de Split test.....	44
FIGURA 10: Rotura tipo en la prueba de Split test	44
FIGURA 11: Estructura Lógica del proceso de Investigación.....	52
FIGURA 12: Diseño de Ingeniería	54
FIGURA 13: Método de cuarteo manual en agregado grueso	65
FIGURA 14: Método de cuarteo manual en agregado fino	65
FIGURA 15: Tamizado de todo el confitillo por malla n° 4.....	65
FIGURA 16: Selección de los tamices y colocación de la muestra	66
FIGURA 17: Colocación de los mallas para el proceso de tamizado mecánico.....	66
FIGURA 18: Determinación de los pesos retenidos en cada tamiz	67
FIGURA 19: Lavado del agregado grueso por el tamiz n° 200	69
FIGURA 20: Secado de la muestra de agregado grueso después de ser lavada	70
FIGURA 21: Relleno y apisonado de la muestra de agregado grueso.....	71
FIGURA 22: Enrasado para la determinación del peso de la muestra varillada.....	71
FIGURA 23: Determinación de las características del recipiente usado para el peso unitario..	72
FIGURA 24: Preparación de la muestra de agregado fino para gravedad específica	73
FIGURA 25: Verificación de la condición de superficie seca en el agregado fino	74
FIGURA 26: Colocación de la muestra de agregado fino dentro del frasco.....	74
FIGURA 27: Eliminación de burbujas para determinar la gravedad específica	75
FIGURA 28: Determinación de los pesos necesarios para obtener la gravedad específica.....	75
FIGURA 29: Tamizado y lavado del agregado grueso para determinar la gravedad específica.....	76
FIGURA 30: Secado para determinar el peso de la muestra superficialmente seca	77



FIGURA 31: Colocación y remoción de aire atrapado al pesar la muestra de agregado grueso..... 77

FIGURA 32: Secado de la muestra para posterior determinación del peso..... 78

FIGURA 33: Determinación del peso húmedo de los agregados 79

FIGURA 34: Determinación del contenido de humedad mediante horno de los agregados..... 79

FIGURA 35: Determinación de los pesos después de realizar el secado..... 79

FIGURA 36: Corte manual de las púas de alambre galvanizado..... 81

FIGURA 37: Ajuste de las púas para asegurar su forma 82

FIGURA 38: Corte final y obtención de las fibras en forma de púas 82

FIGURA 39: Desenrollado y enderezado del alambre galvanizado 82

FIGURA 40: Proceso manual de corte del alambre galvanizado 83

FIGURA 41: Doblado del alambre galvanizado para la formación de los ganchos 83

FIGURA 42: Elaboración de las estructuras de los pozos de curado..... 83

FIGURA 43: Limpieza y nivelación del terreno para los pozos de curado 84

FIGURA 44: Colocación de tecnoport a las paredes internas en los pozos de curado 84

FIGURA 45: Colocación del plástico impermeable en los pozos de curado 85

FIGURA 46: Armado de la estructura del invernadero y limpieza de los materiales..... 85

FIGURA 47: Colocación del recubrimiento en el invernadero..... 85

FIGURA 48: Instalación de la red eléctrica en el invernadero 86

FIGURA 49: Adquisición y colocación de los termostatos de 200W..... 86

FIGURA 50: Colocación de los termómetros de control y de las tapas de tecnoport..... 87

FIGURA 51: Pesado de los materiales para la elaboración de las muestras..... 87

FIGURA 52: Proceso de mezcla del concreto 88

FIGURA 53: Limpieza de los moldes metálicos y obtención de la mezcla..... 88

FIGURA 54: Colocación y apisonado de la mezcla dentro de los moldes metálicos 89

FIGURA 55: Acabado de las muestras con varilla y espátula 89

FIGURA 56: Colocación de bolsas plásticas para evitar la evaporación del agua de mezcla ... 89

FIGURA 57: Desmolde y codificación de las muestras de concreto..... 90

FIGURA 58: Colocación de las muestras de concreto en los pozos de curado 90

FIGURA 59: Control de temperatura con ayuda de termómetros 91

FIGURA 60: Colocación de la muestra de concreto dentro del cono de Abrams..... 98

FIGURA 61: Compactado por apisonado para ensayo de revenimiento 98

FIGURA 62: Enrasado y remoción del cono de Abrams..... 99

FIGURA 63: Determinación del revenimiento de la mezcla de concreto..... 99

FIGURA 64: Retirado de las muestras de los pozos de curado 103



FIGURA 65: Colocación de las briquetas en el equipo de compresión..... 103

FIGURA 66: Ensayo para determinar la resistencia a compresión..... 103

FIGURA 67: Proceso de dibujo de líneas en las muestras para determinar su plano axial 106

FIGURA 68: Proceso de adecuación de la prensa mecánica para el ensayo de tracción indirecta 106

FIGURA 69: Colocación de la muestra en la placa de apoyo suplementaria (cruceta) 106

FIGURA 70: Colocación de la muestra en la prensa mecánica 107

FIGURA 71: Ensayo para determinar la resistencia a la tracción..... 107

FIGURA 72: Curva granulométrica del agregado grueso..... 116

FIGURA 73: Curva granulométrica del agregado fino (Arena Cunyac) 118

FIGURA 74: Curva granulométrica del agregado fino (Confitillo Vichos) 119

FIGURA 75: Curva granulométrica del agregado fino (Combinado)..... 121

FIGURA 76: Temperatura pozo de curado 07 días 138

FIGURA 77: Temperatura pozo de curado 28 días 138

FIGURA 78: Temperatura pozo de curado 14 días 139

FIGURA 79: Resultados revenimiento del concreto patrón 154

FIGURA 80: Resultados revenimiento del concreto adicionado con fibras en forma de púas 155

FIGURA 81: Resultados revenimiento del concreto adicionado con fibras en forma rectilíneas con ganchos 156

FIGURA 82: Comparación de los revenimientos de las distintas mezclas de concreto 157

FIGURA 83: Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón 07 días 158

FIGURA 84: Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón 14 días 159

FIGURA 85: Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón 28 días 159

FIGURA 86: Comparación resultados resistencia a la compresión del concreto patrón 160

FIGURA 87: Resultados resistencia a la tracción del concreto patrón 07 días..... 161

FIGURA 88: Resultados resistencia a la tracción del concreto patrón 14 días..... 161

FIGURA 89: Resultados resistencia a la tracción del concreto patrón 28 días..... 162

FIGURA 90: Resultados comparación de la resistencia a la tracción del concreto patrón..... 162

FIGURA 91: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras 07 días 163

FIGURA 92: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras 14 días 164

FIGURA 93: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras 28 días 165

FIGURA 94: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras al 0.5%..... 166

FIGURA 95: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras al 1.0%..... 167

FIGURA 96: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras al 1.5%..... 167



FIGURA 97: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras al 2.0%..... 167

FIGURA 98: Resultados de la resistencia a la tracción del concreto con fibras al 2.5%..... 168

FIGURA 99: Comparación del mejor comportamiento a la tracción del concreto
adicionado con fibras 168

FIGURA 100: Ensayo granulométrico del agregado fino..... 180

FIGURA 101: Limpieza del terreno para la colocación de los pozos de curado 180

FIGURA 102: Estructura de madera de los pozos de curado 180

FIGURA 103: Colocación del recubrimiento de tecnoport en los pozos de curado 181

FIGURA 104: Colocación del recubrimiento impermeable en los pozos de curado 181

FIGURA 105: Invernadero para el curado de las muestras de concreto 181

FIGURA 106: Colocación de los termómetros para peceras 182

FIGURA 107: Fibras de alambre galvanizado en forma de púas 182

FIGURA 108: Fibras de alambre galvanizado en forma rectilínea con ganchos 182

FIGURA 109: Colocación de las muestras en los pozos de curado..... 183

FIGURA 110: Verificación de la temperatura en los pozos de curado..... 183

FIGURA 111: Temperatura dentro del rango de la norma 183

FIGURA 112: Muestra sometida al ensayo de compresión..... 184

FIGURA 113: Muestra sometida al ensayo de tracción indirecta..... 184

FIGURA 114: Muestra después de ser sometida al ensayo de compresión..... 184

FIGURA 115: Muestra después de ser sometida al ensayo de tracción indirecta..... 185

FIGURA 116: Fallas de las muestras con fibras rectilíneas al ser sometida al ensayo
de tracción indirecta 185

FIGURA 117: Fallas de las muestras con fibras rectilíneas al ser sometida al ensayo
de tracción indirecta 185

FIGURA 118: Matriz de concreto adicionado con fibras de alambre galvanizado
en forma rectilíneas 186

FIGURA 119: Matriz de concreto adicionado con fibras de alambre galvanizado
|en forma de púas..... 186

FIGURA 120: Matriz de consistencia..... 201



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01: Operacionalización de variables 6

TABLA 02: Ventajas de las puzolanas en los cementos puzolánicos 15

TABLA 03: Reacciones en el interior del horno a distintas temperaturas 18

TABLA 04: Clasificación del Agregado Fino de acuerdo al Módulo de Fineza 26

TABLA 05: Límites Granulométricos para el Agregado Grueso..... 27

TABLA 06: Límites Granulométricos para el Agregado Fino..... 28

TABLA 07: Sustancias Dañinas en los agregados para el concreto..... 28

TABLA 08: Cantidad mínima de muestra para lavado por malla n° 200 29

TABLA 09: Cantidad mínima de muestra de agregado grueso..... 31

TABLA 10: Peso mínimo de la muestra de ensayo para gravedad específica de agregados gruesos 35

TABLA 11: Límites de impurezas permitidos al agua de mezcla..... 36

TABLA 12: Características Mecánicas de las Fibras 38

TABLA 13: Revestimiento mínimo de zinc de las fibras de acero 41

TABLA 14: Tipos de concreto según su consistencia..... 43

TABLA 15: Resistencia promedio a la compresión cuando existen datos para establecer la desviación estándar 47

TABLA 16: Resistencia promedio a la compresión cuando no hay datos para establecer la desviación estándar 47

TABLA 17: Cantidades aproximadas de agua de amasado y contenido de aire 48

TABLA 18: Relación Agua-Cemento según resistencia a compresión..... 49

TABLA 19: Asentamientos recomendados para diversos tipos de obra 51

TABLA 20: Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de fineza de la arena 50

TABLA 21: Formato para la recolección de datos del ensayo granulométrico de agregado grueso 57

TABLA 22: Formato para la recolección de datos del ensayo granulométrico de agregado fino..... 58

TABLA 23: Formato para la recolección de datos del ensayo granulométrico confitillo..... 58

TABLA 24: Formato para la recolección de datos porcentaje que pasa la malla N° 200 por lavado 59

TABLA 25: Formato para la recolección de datos gravedad específica y absorción agregado grueso 59

TABLA 26: Formato para la recolección de datos gravedad específica y absorción agregado fino combinado 60



TABLA 27: Formato para la recolección de datos peso unitario agregado grueso..... 60

TABLA 28: Formato para la recolección de datos contenido de humedad agregado grueso 61

TABLA 29: Formato para la recolección de datos contenido de humedad agregado fino combinado 61

TABLA 30: Formato para la recolección de datos control de temperatura..... 61

TABLA 31: Formato para la recolección de datos dimensiones y características de las briquetas 62

TABLA 32: Formato para la recolección de datos revenimiento del concreto 62

TABLA 33: Formato para la recolección de datos resistencia a la compresión..... 63

TABLA 34: Formato para la recolección de datos resistencia a la tracción indirecta..... 63

TABLA 35: Toma de datos análisis granulométrico agregado grueso..... 67

TABLA 36: Toma de datos análisis granulométrico agregado fino (Arena Cunyac) 68

TABLA 37: Toma de datos análisis granulométrico agregado fino (Confitillo Vichos) 68

TABLA 38: Toma de datos cantidad de material fino que pasa malla n° 200 70

TABLA 39: Toma de datos peso unitario compactado (varillado) del agregado grueso 72

TABLA 40: Toma de datos gravedad específica y absorción de agregados finos 75

TABLA 41: Toma de datos gravedad específica y absorción de agregados gruesos 78

TABLA 42: Toma de datos contenido de humedad del agregado grueso 80

TABLA 43: Toma de datos contenido de humedad del agregado fino 80

TABLA 44: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras patrón 07 días... 91

TABLA 45: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras con fibra (púas) 07 días..... 92

TABLA 46: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras con fibra (rectilíneas) 07 días..... 92

TABLA 47: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras patrón 14 días... 93

TABLA 48: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras con fibra (púas) 14 días..... 93

TABLA 49: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras con fibra (rectilíneas) 14 días..... 94

TABLA 50: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras patrón 28 días... 94

TABLA 51: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras con fibra (púas) 28 días..... 95

TABLA 52: Toma de datos de las dimensiones y características de muestras con fibra (rectilíneas) 28 días..... 95

TABLA 53: Toma de datos del control de temperatura pozo de 07 días 96

TABLA 54: Toma de datos del control de temperatura pozo de 14 días 96

TABLA 55: Toma de datos del control de temperatura pozo de 28 días 97



TABLA 56: Toma de datos revenimiento concreto adicionado con fibras (rectilíneas)..... 100

TABLA 57: Toma de datos revenimiento concreto adicionado con fibras (púas)..... 101

TABLA 58: Toma de datos revenimiento concreto patrón 102

TABLA 59: Toma de datos resistencia a compresión del concreto patrón 07 días..... 104

TABLA 60: Toma de datos resistencia a compresión del concreto patrón 14 días..... 104

TABLA 61: Toma de datos resistencia a compresión del concreto patrón 28 días..... 105

TABLA 62: Toma de datos resistencia a tracción del concreto patrón 07 días 108

TABLA 63: Toma de datos resistencia a tracción del concreto patrón 14 días 108

TABLA 64: Toma de datos resistencia a tracción del concreto patrón 28 días 109

TABLA 65: Toma de datos resistencia a tracción del concreto con fibras (púas) 07 días 110

TABLA 66: Toma de datos resistencia a tracción del concreto con fibras (púas) 14 días 111

TABLA 67: Toma de datos resistencia a tracción del concreto con fibras (púas) 28 días 112

TABLA 68: Toma de datos resistencia a tracción del concreto con fibras (rectilíneas)
07 días..... 113

TABLA 69: Toma de datos resistencia a tracción del concreto con fibras (rectilíneas)
14 días..... 114

TABLA 70: Toma de datos resistencia a tracción del concreto con fibras (rectilíneas)
28 días..... 115

TABLA 71: Cálculos granulometría del agregado grueso 116

TABLA 72: Cálculos granulometría del agregado fino (Arena Cunyac)..... 117

TABLA 73: Cálculos granulometría del agregado fino (Confitillo Vichos)..... 119

TABLA 74: Cálculos granulometría del agregado fino (Combinado)..... 120

TABLA 75: Cálculos Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 por lavado 122

TABLA 76: Cálculos gravedad específica y absorción del agregado grueso 123

TABLA 77: Cálculos gravedad específica y absorción del agregado fino..... 124

TABLA 78: Cálculos peso unitario compactado del agregado grueso..... 125

TABLA 79: Cálculos contenido de humedad agregado grueso 125

TABLA 80: Cálculos contenido de humedad agregado fino..... 126

TABLA 81: Cálculos para determinar la resistencia a compresión requerida 126

TABLA 82: Selección del revenimiento según la consistencia de la mezcla..... 127

TABLA 83: Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso 127

TABLA 84: Estimación del agua de mezclado y contenido de aire..... 127

TABLA 85: Elección de la relación agua-cemento..... 128

TABLA 86: Cálculo del contenido de cemento 128

TABLA 87: Estimación del contenido de agregado grueso 129

TABLA 88: Estimación del contenido de agregado fino 129

TABLA 89: Diseño de mezcla en seco 130



TABLA 90: Ajuste de los pesos por humedad y absorción 131

TABLA 91: Diseño de mezcla final (corregido) 131

TABLA 92: Cálculos de las dimensiones y características muestras patrón 07 días 132

TABLA 93: Cálculos de las dimensiones y características muestras con fibras (púas)
07 días..... 132

TABLA 94: Cálculos de las dimensiones y características muestras con fibras (rectilíneas)
07 días..... 133

TABLA 95: Cálculos de las dimensiones y características muestras patrón 14 días 133

TABLA 96: Cálculos de las dimensiones y características muestras con fibras (púas)
14 días..... 134

TABLA 97: Cálculos de las dimensiones y características muestras con fibras (rectilíneas)
14 días..... 134

TABLA 98: Cálculos de las dimensiones y características muestras patrón 28 días 135

TABLA 99: Cálculos de las dimensiones y características muestras con fibras (púas)
28 días..... 135

TABLA 100: Cálculos de las dimensiones y características muestras con fibras (rectilíneas)
28 días..... 136

TABLA 101: Corrección según la relación longitud-diámetro 136

TABLA 102: Cálculos de la temperatura de curado en el pozo de 07 días 137

TABLA 103: Cálculos de la temperatura de curado en el pozo de 28 días 137

TABLA 104: Cálculos de la temperatura de curado en el pozo de 14 días 138

TABLA 105: Cálculos revenimiento concreto patrón..... 139

TABLA 106: Cálculos revenimiento concreto con fibras (púas) 140

TABLA 107: Cálculos revenimiento concreto con fibras (rectilíneas)..... 141

TABLA 108: Cálculos resistencia a compresión del concreto patrón 07 días 142

TABLA 109: Cálculos resistencia a compresión del concreto patrón 14 días 142

TABLA 110: Cálculos resistencia a compresión del concreto patrón 28 días 143

TABLA 111: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto patrón 07 días 144

TABLA 112: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto patrón 14 días 144

TABLA 113: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto patrón 28 días 145

TABLA 114: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto con fibras (púas)
07 días..... 146

TABLA 115: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto con fibras (púas)
14 días..... 147

TABLA 116: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto con fibras (púas)
28 días..... 148



TABLA 117: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto con fibras (rectilíneas)
07 días..... 149

TABLA 118: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto con fibras (rectilíneas)
14 días..... 150

TABLA 119: Cálculos resistencia a tracción indirecta del concreto con fibras (rectilíneas)
28 días..... 151

TABLA 120: Resultados del agregado fino 153

TABLA 121: Resultados del agregado grueso 154

TABLA 122: Consistencias de las mezclas adicionadas con fibras en forma de púas..... 155

TABLA 123: Consistencias de las mezclas adicionadas con fibras en forma rectilíneas
con ganchos 157

TABLA 124: Comparación de las consistencias de las distintas mezclas de concreto 158

TABLA 125: Incremento de la resistencia a la tracción del concreto adicionado con púas
07 días..... 164

TABLA 126: Incremento de la resistencia a la tracción del concreto adicionado con fibras
rectilíneas 07 días 164

TABLA 127: Incremento de la resistencia a la tracción del concreto adicionado con púas
14 días..... 165

TABLA 128: Incremento de la resistencia a la tracción del concreto adicionado con fibras
rectilíneas 14 días 165

TABLA 129: Incremento de la resistencia a la tracción del concreto adicionado con púas
28 días..... 166

TABLA 130: Incremento de la resistencia a la tracción del concreto adicionado con fibras
rectilíneas 28 días 166

TABLA 131: Dosificación concreto patrón por m³..... 200

TABLA 132: Dosificación concreto adicionado con fibras púas por m³ 200

TABLA 133: Dosificación concreto adicionado con fibras rectilíneas con ganchos por m³... 200

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Es notorio que la región del Cusco creció en varios aspectos, pero la falta de innovación de tecnologías en la producción del concreto es uno de los grandes problemas que aún tenemos, no se realizan muchas investigaciones respecto a este tema, condicionando a todos los ingenieros civiles de la región hacer uso de nuevos métodos o materiales basados en estudios que se realizan en otros lugares y así poder dejar de lado la producción de concreto tradicional; es por esta razón que el uso de fibras en el concreto como elementos estructurales están siendo muy estudiadas para mejorar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Es conocido también que el concreto tiene un excelente comportamiento frente a esfuerzos de compresión pero a su vez no tiene un buen comportamiento a tracción, es por esto, que al diseñar estructuras que estarán sometidas a estos esfuerzos, se asume que el concreto no aportara ninguna resistencia y que el acero de refuerzo cumplirá en su totalidad con esta función, esto representa también un problema, por ende se evalúa el uso de fibras que permitan elevar la resistencia a la tracción del concreto y en un futuro pueda ser considerado este valor para fines de diseño, lo que implicaría el menor uso de acero de refuerzo y por ende la creación de estructuras más factibles.

FIGURA 01: Concreto Adicionado con Fibras Metálicas





1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál será la comparación de las resistencias a la tracción y revenimiento de un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma de púas vs rectilíneas con ganchos en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%?

1.1.2.2. FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿Cuáles serán las propiedades físico-mecánicas de los agregados que utilizaremos en la elaboración de nuestros testigos?
2. ¿Cuál será la resistencia a compresión de nuestro concreto patrón?
3. ¿Cuál será la variación de revenimiento de las mezclas debido al uso de las fibras de alambre galvanizado en las distintas formas con respecto a la mezcla patrón?
4. ¿Cuál será la fibra que otorgará una mayor resistencia a la tracción al concreto patrón?
5. ¿Cuál será la proporción de las fibras de alambre galvanizado que nos dará la mejor resistencia a la tracción del concreto?

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Debido a que el concreto no tiene buena resistencia a la tracción, se asume que no resiste dichos esfuerzos, por lo que no se toma en cuenta dicho valor para casos de diseño, esta investigación plantea el uso de fibras metálicas en distintas formas como elementos estructurales que permitan mejorar esta propiedad, para así, lograr que pueda ser usada en el diseño de estructuras que estarán sometidas principalmente a esfuerzos de tracción.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La sociedad será beneficiada con nuestra investigación, ya que se mejorara la propiedad de resistir los esfuerzos de tracción, y por ende, disminuir los riesgos en las edificaciones y otros tipos de estructuras, es decir, que se crearían estructuras más seguras y resistentes en nuestra región, de la misma forma los alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco que podrán usar esta investigación como ayuda para futuras investigaciones.

1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

Nuestra investigación es factible porque contamos con el apoyo de la Universidad Andina del Cusco que nos permitirá hacer uso de los equipos de laboratorio necesarios para realizar los ensayos de agregados, los ensayos para determinar la resistencia a la compresión y los ensayos para determinar la tracción de forma indirecta, a su vez contamos también con los materiales que se necesitaran en la elaboración de las briquetas y con el material para fabricar las distintas formas de las fibras de alambre galvanizado, con respecto al factor económico los materiales son accesibles en nuestra ciudad a un costo relativamente bajo y por último se cuenta con las normas respectivas para el desarrollo de la investigación.

1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA

El trabajo de investigación es importante porque innova el concreto tradicional, otorgando un aporte a la Ingeniería Civil que puede ser tomado en cuenta en el proceso de construcción de elementos estructurales o prefabricados que estarán sometidos principalmente a esfuerzos de tracción.

1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presenta las siguientes limitaciones:

- El agregado grueso y el conquitillo se obtendrán de la cantera de Vichos y el agregado fino de la cantera de Cunyac.
- El agua que utilizaremos será potable otorgado por la empresa SEDACUSCO.
- El cemento a utilizar será Cemento Portland tipo IP.
- Las fibras en forma de púas y rectilíneas con ganchos serán obtenidas y fabricadas manualmente con alambre galvanizado simple de diámetro 1.2 mm.
- La dosificación que se utilizara será la que propone el método ACI.
- La resistencia a compresión del concreto patrón será 210 Kg/cm².
- Los testigos cilíndricos de concreto serán evaluados a 7, 14 y 28 días de fraguado.
- El revenimiento del concreto patrón será el de una mezcla plástica entre 3" y 4".
- La temperatura del agua para el curado estará entre 23°C +/- 2°C.
- Las dimensiones de las muestras serán cilíndricas de 15 cm. x 30 cm.
- El método para determinar la resistencia a tracción de forma indirecta será el ensayo brasilero (SPLIT TEST).



1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Comparar las resistencias a la tracción y revenimiento de un concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado con fibras de alambre galvanizado en forma de púas vs rectilíneas con ganchos en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados que utilizaremos en la elaboración de nuestros testigos.
2. Determinar la resistencia a compresión de nuestro concreto patrón.
3. Determinar la variación de revenimiento que tendrán las mezclas debido al uso de las fibras de alambre galvanizado en forma de púas y rectilíneas con ganchos con respecto a la mezcla patrón.
4. Establecer la fibra que otorgará una mayor resistencia a la tracción al concreto patrón.
5. Determinar la proporción de las fibras de alambre galvanizado que nos dará la mejor resistencia a la tracción del concreto.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

- El concreto patrón $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionado con las fibras de alambre galvanizado en forma de púas tendrá una mayor resistencia a la tracción y revenimiento en comparación con las rectilíneas con ganchos en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. Las propiedades físico-mecánicas de los agregados gruesos y finos de las canteras seleccionadas cumplirán con los parámetros establecidos en las normas.
2. El concreto patrón llegará a la resistencia establecida de 210 Kg/cm^2 .
3. El revenimiento de las mezclas con adición de fibras de alambre galvanizado serán menores que los de la mezcla patrón.
4. La fibra en forma de púas tendrá una mayor resistencia a la tracción que las fibras rectilíneas con ganchos.



5. La proporción de las fibras que nos brindara la mejor resistencia a la tracción será al 1.5% del peso total del concreto.

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO PATRÓN:** Es el esfuerzo de tensión máximo que puede ser soportado por el concreto sin fractura. Indicador: Fuerza (kg) / Área (cm²).
- **REVENIMIENTO DEL CONCRETO PATRÓN:** Es la medida que da la facilidad de trabajo o consistencia del concreto. Indicador: Longitud (pulg).
- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN:** Es el esfuerzo de compresión máxima que puede ser soportado por el concreto sin fractura. Indicador: Fuerza (kg) / Área (cm²).
- **FIBRA DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS:** Alambre en forma de púas recubierto de una capa simple de zinc para evitar la corrosión, esta fibra tiene como materia prima alambre galvanizado de 1.2 mm. de diámetro. Indicador: Peso (Kg.)
- **FIBRA DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA RECTILÍNEA CON GANCHOS:** Alambre en forma rectilínea con ganchos recubierto de una capa simple de zinc para evitar la corrosión, esta fibra tiene como materia prima alambre galvanizado con diámetro de 1.2 mm. y una longitud de 6.0 cm. Indicador: Peso (Kg.)

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS:** Es el esfuerzo de tensión máximo que puede ser soportado por el concreto adicionado con fibras de alambre galvanizado sin fractura. Indicador: Fuerza (kg) / Área (cm²).
- **REVENIMIENTO DEL CONCRETO CON FIBRAS:** Es la medida que da la facilidad de trabajo o consistencia del concreto adicionado con fibras de alambre galvanizado. Indicador: Longitud (pulg).

1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 01: Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE DEPENDIENTE				
X ₁ : Resistencia a la tracción del concreto con fibras	Esfuerzo de tensión máximo que puede ser soportado por el concreto adicionado con fibras sin fractura.	Resistencia 7 días	Fuerza/Área	*Guías de observación *Fichas de Laboratorio *Formatos de evaluación de la resistencia a la tracción *Formatos de evaluación de revenimiento
		Resistencia 14 días		
		Resistencia 28 días		
	Es la medida que da la facilidad de trabajo o consistencia del concreto con fibras.	Revenimiento 7 días	Longitud	
		Revenimiento 14 días		
		Revenimiento 28 días		
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Y ₁ : Resistencia a tracción del concreto patrón	Esfuerzo de tensión máximo que puede ser soportado por el concreto sin fractura.	Resistencia 7 días	Fuerza/Área	*Guías de observación *Fichas de Laboratorio *Formatos de evaluación de los agregados. *Fichas de diseño de mezcla
		Resistencia 14 días		
		Resistencia 28 días		
Y ₂ : Revenimiento del concreto patrón	Es la medida que da la facilidad de trabajo o consistencia del concreto.	Revenimiento 7 días	Longitud	
		Revenimiento 14 días		
		Revenimiento 28 días		
Y ₃ : Resistencia a compresión del concreto patrón	Esfuerzo de compresión máximo que puede ser soportado por el concreto sin fractura.	Resistencia 7 días	Fuerza/Área	
		Resistencia 14 días		
		Resistencia 28 días		
Y ₄ : Fibra de Alambre Galvanizado en forma de púas Ø = 1.2mm.	Alambre en forma de púas recubierto de una capa simple de zinc para evitar la corrosión	0.5% Peso Concreto	Peso	
		1.0% Peso Concreto		
		1.5% Peso Concreto		
		2.0% Peso Concreto		
		2.5% Peso Concreto		
Y ₅ : Fibra de Alambre Galvanizado en forma rectilínea con ganchos Ø = 1.2mm. y L = 6cm.	Alambre en forma rectilínea con ganchos recubierto de una capa simple de zinc para evitar la corrosión	0.5% Peso Concreto	Peso	
		1.0% Peso Concreto		
		1.5% Peso Concreto		
		2.0% Peso Concreto		
		2.5% Peso Concreto		

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ACTUAL

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL REVENIMIENTO Y PARÁMETROS RESISTENTES A COMPRESIÓN DEL CONCRETO ADICIONADO CON CLAVOS DE ACERO TIPO GRAPAS TRIDIMENSIONALES”

AUTORES: Noé Arriola Valencia
Oscar Socoalaya Montalvo

INSTITUCIÓN: Universidad Andina del Cusco (Cusco – Perú – 2013)

En la presente tesis se utiliza clavos de carpintero 2 ½” sin cabeza doblado de forma manual de manera que tenga la orientación en 3 dimensiones al que denominaron clavo de acero tipo grapa tridimensional, luego se realizó la adición de estos clavos en mezcla del concreto a diferentes porcentajes para poder evaluar si incrementa la resistencia a compresión del concreto con respecto a un concreto patrón, se utilizaron concretos patrón 1, patrón 2, patrón 3 a diferentes resistencias de diseño como son 140 Kg/cm², 175 Kg/cm², 210 Kg/cm² respectivamente, para luego ser adicionados con diferentes porcentajes de clavos de acero de tipo grapa tridimensional hasta encontrar el valor máximo de resistencia a la compresión. Así mismo se analiza los valores de revenimiento encontrados con la adición de clavos de acero tipo grapas tridimensionales para poder saber en cuanto disminuye el valor de revenimiento. También se realiza un estudio de análisis de costos de cuanto demandaría diseñar el concreto con adición de clavos de acero tipo grapas tridimensionales.

CONCLUSIONES:

- Se comprobó que la disminución del revenimiento de un concreto adicionado con clavos de acero tipo grapas tridimensionales con respecto a un concreto patrón donde se determinó que las adiciones menores al 2% del peso total de la mezcla de concreto se obtiene mezcla plásticas y mayores al 2% del peso total de la mezcla de concreto se obtiene mezclas secas.
- Se logró determinar que el porcentaje de adición del 1.5% es el más óptimo encontrado ya que nos dan las resistencias a compresión más altas que en los tres casos de estudio para los concretos patrón 1, patrón 2 y patrón 3.

- Se verifico que al seguir aumentando el porcentaje de adición de clavos TGT que a partir del 1.5% la resistencia a la compresión disminuye debido a que se empobrece la pasta del concreto como también no hay una buena distribución de los clavos de acero lo que implica que se entrelacen entre ellos los que se forma zonas más rígidas y zona más frágiles por donde falla el concreto.

“PAVIMENTOS RÍGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS PAVIMENTOS TRADICIONALES”

AUTOR: Marco Eduardo Montalvo Guevara

INSTITUCIÓN: Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima – Perú – 2015)

La investigación se enfocó en realizar comparación entre pavimentos de concreto simple, pavimentos de concreto reforzado con mallas de acero y el pavimento de concreto reforzado con fibras de acero, comparando la metodología de diseño, los esfuerzos teóricos, su procedimiento constructivo y los precios unitarios en cada una de las situaciones.

La necesidad de ahorrar costos, aumentar la calidad y optimizar los materiales hace que se realicen investigaciones sobre distintos aditivos que se le añaden al concreto como acelerantes de fragua, incorporadores de aire, reductores de agua, super plastificantes, impermeabilizantes, entre otros; como también el tipo de refuerzo que complementa al concreto como varillas de acero, mallas electro soldadas, fibras de acero, entre otros.

CONCLUSIONES:

- Las fibras tienen una ventaja con respecto a las losas de concreto simple, ya que contribuyen en todo su espesor gracias a la distribución tridimensional de las fibras dándole al piso una mayor resistencia a las sollicitaciones de carga durante su vida útil.
- El pavimento fibroreforzado por tener un espesor menor comparado con el pavimento tradicional conlleva a que el volumen de concreto utilizado sea menor y por ello el tiempo para la construcción de la losa se reduzca, ahorrando tiempo y dinero en lo que respecta a la mano de obra.

**2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL****“INCIDENCIA DE LA FIBRA METÁLICA DRAMIX 65/35-B EN PAVIMENTOS RÍGIDOS DE TEMPRANA EDAD”****AUTORES:** Andreina Garcés Gomes

Carlos Alberto Callejo Gallardo

INSTITUCIÓN: Universidad Nueva Esparta (Caracas – Venezuela – 2011)

La presente investigación se basa en el estudio de la incidencia de la Fibra Metálica Dramix 65/35-BN en la resistencia a flexión de un Paviconcreto 45 a temprana edad en pavimentos rígidos elaborado en la Planta de Concreto de La Bandera, de la Empresa Cemex Venezuela S.A.C.A. Para ello se procedió a realizar mezclas para ambas dosificaciones en un trompo de setenta litros (70 lts). Las probetas prismáticas fueron ensayadas a edades de curado de 7 días, con el objeto de obtener los valores de resistencia a flexión propuestos. Para que la investigación tenga validez se elaboraron 30 probetas prismáticas para cada tipo de mezcla para un total de 60 probetas. Con los resultados obtenidos de los ensayos, se procedió a realizar un análisis estadístico para evaluar si la fibra difiere de la mezcla sin fibra. Finalmente se realizó un cálculo de Pavimento Rígido según la Norma Venezolana FONDONORMA 1753-2006, Apéndice F y un estudio de impacto económico para verificar si la Fibra Metálica incide o no en la disminución de espesores, volúmenes de concreto y reducción de costos de colocación de pavimento rígido.

CONCLUSIONES:

- La comparación entre los resultados obtenidos en los ensayos a flexión de las muestras con fibra metálica y las muestra sin fibra metálica, arrojan como resultado que las Muestras con Fibra incide en una ganancia del 14.17% en la resistencia a flexión.
- En cuanto a la posibilidad de disminuir el espesor de la losa obtenemos que para un pavimento de concreto con fibra metálica su espesor disminuye un 7.4% con respecto al espesor de la losa para un Pavimento de concreto sin Fibra Metálica.

2.2 ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

2.2.1 EL CONCRETO

2.2.1.1 DEFINICIÓN

(Rivva López, 2000), indica que el concreto es un producto artificial que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes.

(Romo Proaño, 2008), dice que para conseguir las propiedades especiales del concreto (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, baja densidad, etc.), se pueden añadir otros componentes como aditivos químicos, microsílíce, fibras metálicas, etc., o se pueden reemplazar sus componentes básicos por componentes con características especiales como agregados livianos, agregados pesados, cementos de fraguado lento, etc.

FIGURA 02: Concreto en Estado Plástico



2.2.1.2 HISTORIA DEL CONCRETO

(Gutiérrez de López, 2003), da a conocer que los orígenes de concreto se remontan a dos siglos Antes de Cristo, en Roma, cuando utilizaron mezclas de caliza calcinada, tobas volcánicas y piedras, para construir algunas de las estructuras que hoy todavía subsisten, como el Panteón o Iglesia de Santa María de los Mártires, cuya cúpula, de 44 metros de



claro, es de concreto simple; la cúpula está aligerada por medio de casetones. En el siglo VII de nuestra era, con la caída del Imperio Romano se olvidó su uso. En el siglo XVIII es redescubierto por los ingleses, cuando en 1756, John Smeaton lo utilizó para la reconstrucción del Faro de Edystone, en la costa sur de Inglaterra.

Desde 1845, Lambot, comenzó a construir en el Sur de Francia, objetos en que combinaba el concreto y el acero, naciendo así el concreto reforzado.

Sólo en 1861, Francois Coignet en su libro publicado en París expresa por primera vez el papel que corresponde al concreto y al acero como partes del nuevo material.

Joseph Monier fue el primero en darse cuenta de la importancia industrial del concreto reforzado. Tomando sus ideas, se construyó en 1875, el primer puente de concreto reforzado cerca de Chazet en Francia, con un claro de 16.5 m. Sin embargo, en este país no avanzó el concreto; la patente de Monier fue adquirida por la casa de Wayss, de Berlín, donde se impulsó su desarrollo.

El concreto reforzado se debe fundamentalmente al francés Freyssinet, quien empezó fabricando postes para transmisión de energía eléctrica, a principios de 1933.

Entre 1923 y 1924 se construyó, lo que se cree fue uno de los primeros cascarones, la cúpula del planetario de Jena, de 40.0 m de claro y 6.0 cm de espesor.

La prefabricación de piezas de concreto se inició desde 1896. Hennebique, el difusor del concreto en todo el mundo, fabricaba en serie casetas de señales para los ferrocarriles franceses. En 1939 Pier Luigi Nervi, italiano, construyó un hangar, destruido durante la guerra, de 100 x 40 m con algunas partes coladas en el lugar, pero la mayoría prefabricadas y unidas con juntas coladas en el lugar. A estas unidades prefabricadas las denominó, ferrocemento.

2.2.1.3 IMPORTANCIA DEL CONCRETO:

(Rivva López, 2000), indica que actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección y mantenimiento de los elementos estructurales.

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de algunos de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello



obliga al estudio y actualización permanente para obtener del concreto las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al Ingeniero.

2.2.1.4 CARACTERÍSTICAS (VENTAJAS Y DESVENTAJAS):

(Curbelo J., 2015), Indica las ventajas del concreto como por ejemplo:

- ❖ Es refractario.
- ❖ Puede adaptar cualquier forma.
- ❖ Puede trasladarse a cualquier lugar.
- ❖ Puede prefabricarse.
- ❖ Su resistencia al intemperismo es notable.
- ❖ Gasto de mantenimiento bajo.
- ❖ Tiene acción monolítica.
- ❖ Absorbe las vibraciones y oscilaciones.
- ❖ Tiene una relativa alta resistencia a compresión.
- ❖ Elevada resistencia al fuego y penetración del agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como:

- ❖ Su gran peso.
- ❖ Su baja resistencia a la tracción.
- ❖ El tiempo que tarda en adquirir su resistencia útil.
- ❖ La dificultad que ofrece al realizar ampliaciones.

2.2.1.5 COMPONENTES DEL CONCRETO:

(Rivva Lopez, 2006), El concreto está compuesto de cemento, agua y agregados como elementos principales. Como elementos secundarios pueden estar presentes aire, aditivos y fibras. Las propiedades y características; así como las especificaciones requeridas de los materiales empleados en la producción de concreto, deben ceñirse a la normatividad NTP vigente en el país, en caso de no existir ésta se ceñirán a la Norma ASTM.

2.2.1.5.1 CEMENTO:

(Rivera L., 2010), Indica que el cemento es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos.



(Rivva López, 2000), Da a conocer que el cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

- **HISTORIA DEL CEMENTO:**

(Gutiérrez de López, 2003), Dice que la historia de los materiales cementantes es tan antigua como la humanidad; el yeso fue utilizado por los egipcios, y los griegos y romanos usaron la cal común y la cal hidráulica. La primera se obtiene al calcinar la piedra caliza y sólo endurece en presencia del bióxido de carbono (CO₂) contenido en el aire; la segunda se obtiene cuando la piedra caliza contiene impurezas de arcilla y endurece principalmente por la reacción que se produce entre sus elementos constitutivos, bajo los efectos del agua.

Los griegos y los romanos usaron ceniza volcánica que mezclaban con la cal, para obtener un producto de mejor calidad. Estos materiales que mezclados con la cal dan un producto que adquiere consistencia en presencia del agua se llamaron PUZOLANAS, nombre que se deriva de Pozzuoli ciudad que queda en el Golfo de Nápoles, sitio del cual los romanos extraían el material volcánico que mezclaban con la cal. Los griegos la obtenían de la Isla de Santorin.

La era del cemento se inicia en 1750 con John Smeaton quien mezcló cal con arcillas y obtuvo un buen producto que empleó en la reparación del Faro de Edystone pero su descubrimiento no tuvo mayor trascendencia. En 1824 Joseph Aspdin, conoció los estudios de Smeaton y prosiguió sus investigaciones patentando el "Cemento Portland", material que presentaba un aspecto parecido a unas piedras de construcción extraídas en Portland, ciudad que queda al sur de Inglaterra, de allí su nombre.

Las investigaciones sobre el tema continúan y en 1845 el inglés Isaac Johnson le da a la mezcla la temperatura adecuada para formar el Clinker, producto que después de molido ofrece óptima calidad como cementante y es el que actualmente se usa.

Sólo a finales del siglo pasado Michaelis Le Chatelier y Vicat, presentan las bases de la tecnología del cemento Portland.

- **PUZOLANA:**

Se consideran generalmente como puzolanas los materiales que, carentes de propiedades cementicias y de la actividad hidráulica por sí solos, contienen constituyentes que se combinan con cal a temperaturas ordinarias y en presencia de agua, dando lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes hidráulicos. En tal sentido, las puzolanas dan propiedades cementantes a un conglomerante no hidráulico como es la cal. (Salazar J., 2017)

Las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice y/o alúmina. No son cementosas en sí, pero cuando son molidos finamente y mezcladas con cal, la mezcla fraguará y endurecerá a temperaturas normales en presencia de agua, como el cemento. Las puzolanas pueden reemplazar de 15 a 40% del cemento portland sin reducir significativamente la resistencia del cemento. (Mukerji & Stulz, 1993).

- **TIPOS DE PUZOLANA**

(Mukerji & Stulz, 1993) Nos dice que básicamente hay dos tipos de puzolana, llamadas puzolanas naturales y artificiales:

- Las puzolanas naturales esencialmente son cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes.
- Las puzolanas artificiales son el resultado de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como subproductos. Las puzolanas artificiales más importantes son arcilla cocida, cenizas de combustible pulverizado (PFA), escoria de altos hornos granulada y molida (GGBFS) y ceniza de cascara de arroz (RHA).

- **CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO**

Cemento portland puzolánico es el producto resultante de la adición al cemento portland normal de material puzolánico, en un porcentaje de 15 a 50%. Dicha unión puede efectuarse en el estado de clinker, para ser molidos conjuntamente, a la fineza adecuada o también directamente con el cemento, antes de ensacar o en lo, mezcladora. (El blog del Ingeniero Civil, 2011)

TABLA 02: Ventajas de las puzolanas en los cementos puzolánicos

<p>A. En la resistencia mecánica A.1 A largo plazo, al prolongar el período de endurecimiento A.1.1 A tracción A.1.2 A compresión A.1.3 Mejor relación tracción - compresión</p>	<p>E. En la plasticidad D.1 Rebajando la relación a/c D.2 Reduciendo la segregación D.3 Evitando la exudación y el sangrado</p>
<p>B. En la estabilidad B.1 Frente a la expansión por cal libre B.2 Frente a la expansión por sulfatos B.3 Frente a la expansión por la reacción álcalis - agregado B.4 Frente a la retracción hidráulica de secado, por la menor relación a/c B.5 Frente a la retracción térmica por enfriamiento B.6 Frente a la fisuración</p>	<p>F. En la impermeabilidad F.1 Reduciendo la porosidad F.2 Evitando la formación de eflorescencias F.3 Produciendo la mayor cantidad de Tobermorita</p>
<p>C. En la durabilidad C.1 Frente a ataques por agua puras y ácidas C.2 Frente a ataques por aguas y suelos sulfatados C.3 Frente a ataques por agua de mar C.4 Frente a ataques por gases de descomposición y fermentación de materias orgánicas C.5 Frente a la desintegración por la reacción álcalis - agregado</p>	<p>G. En la adherencia G.1 Del agregado a la pasta G.2 Del mortero a las armaduras</p>
<p>D. En el rendimiento y la economía D.1 Al corresponder a los cementos puzolánicos mayor volumen que a otros conglomerantes a igualdad de peso D.2 Al ser los cementos puzolánicos, en general, conglomerantes más baratos</p>	<p>H. En el comportamiento térmico H.1 Al liberar menor calor de hidratación H.2 Al producir menor elevación de temperatura</p>

FUENTE: (Salazar J., 2017) documentslide

• **CEMENTO PORTLAND:**

(Torre Carrillo, 2004), Indica que según la Norma Técnica Peruana **NTP 334.009**, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

➤ **MATERIAS PRIMAS DEL CEMENTO PORTLAND:**

(Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006), Indican que el proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención de las materias primas necesarias para conseguir la composición deseada para la producción del Clinker.

Los componentes básicos para el cemento Portland son:

- ❖ **CaO**, obtenida de materiales ricos en cal, como la piedra caliza rica en CaCO_3 , con impurezas de SiO_2 , Al_2O_3 y MgCO_3 , de Margas, que son calizas acompañadas de sílice y productos arcillosos, conchas marinas, arcilla calcárea, greda, etc.
- ❖ **SiO₂** y **Al₂O₃**, obtenidos de Arcilla, arcilla esquistosa, pizarra, ceniza muy fina o arena para proporcionar sílice y alúmina.
- ❖ **Fe₂O₃**, que se obtiene de mineral de hierro, costras de laminado o algún material semejante para suministrar el hierro.

Con los dos primeros componentes se produce cemento Portland blanco, el tercero es un material fundente que reduce la temperatura de calcinación necesaria para la producción del cemento gris. Esta disminución en la temperatura, hace que sea más económico en su fabricación, en relación al cemento blanco, aunque ambos poseen las mismas propiedades aglomerantes.

➤ **PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND:**

(Torre Carrillo, 2004), Da a conocer el procedimiento para la fabricación del cemento portland:

- ❖ **Extracción de la materia prima:** Esta se realiza con la explotación de los yacimientos a tajo abierto. El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración, los mismos que son cargados mediante palas o cargadores frontales de gran capacidad. Esta etapa comprende los procesos de exploración, perforación, carguío y acarreo.
- ❖ **Trituración de la materia prima:** Se realiza en dos etapas, inicialmente se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono que puede reducirla de un tamaño máximo de 1.5 m hasta los 25 cm (Chancado primario). El material se deposita en una cancha



de almacenamiento y luego de verificar su composición química, pasa al chancado secundario reduciéndose a tamaños de hasta $\frac{3}{4}$ " aproximadamente.

- ❖ **Pre – homogenización:** El material triturado se lleva a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. En algunos casos se efectúa un proceso de pre-homogeneización.
- ❖ **Molienda de Crudos:** Este proceso se realiza por medio de molinos de bolas o prensas de rodillos que producen un material muy fino además de dosificarse adecuadamente los materiales para lograr un crudo óptimo que será el que ingrese al horno.
- ❖ **Homogenización:** El Crudo finamente molido debe ser homogenizado a fin de garantizar que el Clinker sea de calidad constante es decir en esta etapa se debe asegurar la composición química constante del crudo. Una vez homogenizado este material es transportado mediante fajas transportadoras al intercambiador de calor.
- ❖ **Intercambiador de Calor (Precalentador):** Consiste en edificios que cuentan con una torre de ciclones ubicados uno encima del otro al cual se le denomina precalentador. El crudo que ya fue homogenizado ingresa por el extremo superior de este precalentador pasando a través de los ciclones quienes captan el calor residual evacuados con los gases de combustión salientes del horno en contracorriente con el flujo del material que ingresa, entonces este crudo que se calienta por acción de los gases generados en el quemador del horno e iniciándose de esta manera el proceso de descarbonatación y transformación termo-químico del crudo. En esta etapa se pueden alcanzar temperaturas hasta de 850°C (en la entrada al horno rotatorio), y en la parte alta (zona de salida de los gases del precalentador) se alcanzan temperaturas alrededor de 280°C En la base de este edificio se encuentra un sistema de precalcificación previo a su ingreso al horno rotatorio. El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes provenientes del horno, en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los cien metros.
- ❖ **Clinkerización:** Es la zona más importante del horno rotatorio siendo este el elemento fundamental para la fabricación del cemento, se trata de un tubo cilíndrico de acero con diámetros de 4 a 5 m y longitudes de 70 a 80 m los mismos que interiormente se encuentran revestidos interiormente con materiales refractarios para la obtención del Clinker se debe alcanzar temperaturas alrededor de los 1500°C, el proceso en si es complejo se puede decir que se inicia con el ingreso del crudo descarbonatado al horno

rotatorio y que por efecto del calor que genera la combustión del carbón o petróleo en un quemador situado en el extremo de la salida sufre transformaciones físicas y químicas, llegándose a obtener el producto intermedio llamado Clinker esto sucede a temperaturas del orden de los 1400 a 1450°C. El horno rotatorio de Cementos Lima alcanza una longitud de 83 m y un diámetro de 5.25 m y una inclinación del 3% que permite el avance del material por deslizamiento, estos hornos giran a velocidades de 4.5 rpm y la temperaturas van desde 850°C hasta 1450°C. Sin embargo la fase líquida que nos indica el inicio del proceso de sinterización tiene lugar a temperaturas de 1260°C y que al aumentar la temperatura aumenta también la fase líquida o fundida.

TABLA 03: Reacciones en el interior del horno a distintas temperaturas

Temperatura en el horno °C	Reacciones en el interior del Horno
110	Evaporación de la humedad(secado) de los diferentes materiales
110-450	Deshidratación de los materiales (arcillas, yeso, caolinita), eliminación del agua adsorbida.
600-750	Inicio de reacciones de los materiales deshidratados y formación en pequeñas cantidades del C_2S y compuestos intermedios como el aluminato Calcico y Ferrocálita (CA , C_2F)
900	La caliza se ha convertido en cal viva debido a la pérdida de gas carbónico ,la cal viva esta lista para reaccionar con el medio ambiente por lo cual es llevada rápidamente a la zona de sinterización.
1200	Las arcillas se empiezan a descomponer y liberan sílice , alumina y Óxidos de hierro, la Sílice reacciona con la cal y se forma el C_2S (Belita)
1300	Se forma el C_4AF líquido que actúa como fundente donde se disuelven los demás materiales , este líquido es muy adhesivo y empezara a penetrar en los poros del ladrillo refractario , aislándolo y enfriándolo con lo cual queda pegado y se inicia la formación de la costra en el horno.
1340	Los materiales disueltos en el C_4AF reaccionan formándose el C_2S e iniciándose el C_3A
1400	Se ha formado completamente el C_3A , líquido muy viscoso que le da consistencia a la costra.
1450	Se encuentran formados todos los compuestos

FUENTE: (Torre Carrillo, 2004) Curso Básico de Tecnología del Concreto

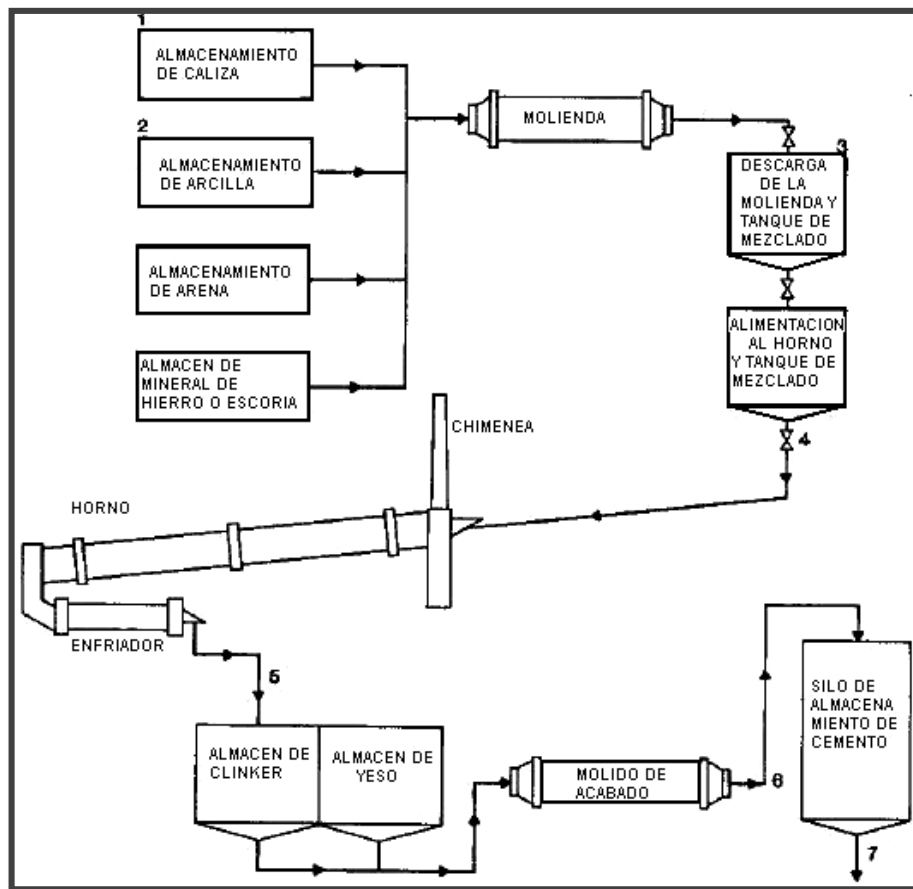
- ❖ **Enfriamiento:** No todos los minerales deseados del Clinker, hidráulicamente activos, quedan estables después del proceso de clinkerización por lo que es necesario que el Clinker caliente deba ser enfriado rápidamente es decir una vez que el Clinker es



descargado por el horno pasa a la tercera parte del circuito de clinkerización que se dan en los enfriadores. Estos enfriadores se encuentran a la salida del horno y recibirán toda la carga del material que sale del horno a temperaturas entre 1000 a 1100°C, constan de varias superficies escalonadas compuestas por placas fijas y placas móviles alternadas con unos pequeños orificios por donde pasa el aire que es insuflado por la parte inferior por la acción de ventiladores con el objeto de enfriar el Clinker hasta aproximadamente 120°C para ser almacenado posteriormente a esta temperatura el material en las canchas de almacenamiento. Si el Clinker formado por el proceso de sinterización se enfría lentamente puede invertirse el sentido de las reacciones de equilibrio y podrían disolverse en la fase líquida una parte del silicato Tricálcico (compuesto importante para el desarrollo de resistencias en el cemento), por lo tanto un proceso de enfriamiento lento podría bajar la resistencia del cemento por otro lado un proceso de enfriamiento rápido el cual es deseable por los efectos que podrían causar en el cemento tales como: mejor molturabilidad por la existencia de fisuras tensionales en el Clinker, menor proporción de alita disuelta.

- ❖ **Molienda del Clinker:** Mediante un proceso de extracción controlado el Clinker entra a los molinos de bolas o prensa de rodillos donde se obtendrá una superficie específica alta de los granos del cemento.
- ❖ **Envasado y despacho:** Generalmente el cemento se comercializa en bolsas de 42.5 Kg., de acuerdo a los requerimientos del usuario también puede despacharse a granel. Las bolsas, son de en papel krap extensible tipo Klupac con contenido de hojas, entre dos y cuatro de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo. Solo en casos muy especiales y necesarios, estas bolsas van provistas de un refuerzo interior de polipropileno.

FIGURA 03: Esquema de fabricación del cemento portland



FUENTE: (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006) Apoyo Didáctico “Tecnología del Hormigón”

- **TIPOS DE CEMENTO PORTLAND:** (Torre Carrillo, 2004), Da a conocer lo siguiente:
 - **CEMENTOS PORTLAND SIN ADICIÓN:** Constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Según la Norma ASTM C150, tenemos los siguientes:
 - ❖ **Tipo I:** Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.
 - ❖ **Tipo II:** Para uso general y específicamente en obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos (Estructuras de drenaje) y/o moderado Calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos



- ❖ **Tipo III:** Para uso en obras que requieran resistencias elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.
- ❖ **Tipo IV:** Para Estructuras se requiera bajo Calor de Hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.
- ❖ **Tipo V:** Es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar también en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos.
- **CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS:** Contienen además de Clinker Portland y Yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Según la Norma ASTM C595, tenemos los siguientes:
 - ❖ **Tipo IP y IPM:** Cementos cuya adición es la puzolana tienen uso similar al del Tipo I, y se recomienda en obras masivas o con ataques de aguas agresivas, aguas negras, en cimentaciones en todo terreno, son cementos de moderado calor de hidratación y de moderada resistencia a los sulfatos.
 - ❖ **Tipo MS:** Cementos adicionados con escorias se puede emplear en todo tipo de construcciones de concreto son resistentes a la agresión química, se puede utilizar en estructuras en ambientes y suelos húmedos-salinosos, para estructuras en cimientos y pisos. En general se puede decir que tienen moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
 - ❖ **Tipo ICo:** Corresponde al cemento Tipo I mejorado con mayor plasticidad, se puede utilizar en obras de concreto y de concreto armado en general, morteros en general, especialmente para tarrajeo y asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones.

2.2.1.5.2 AGREGADOS:

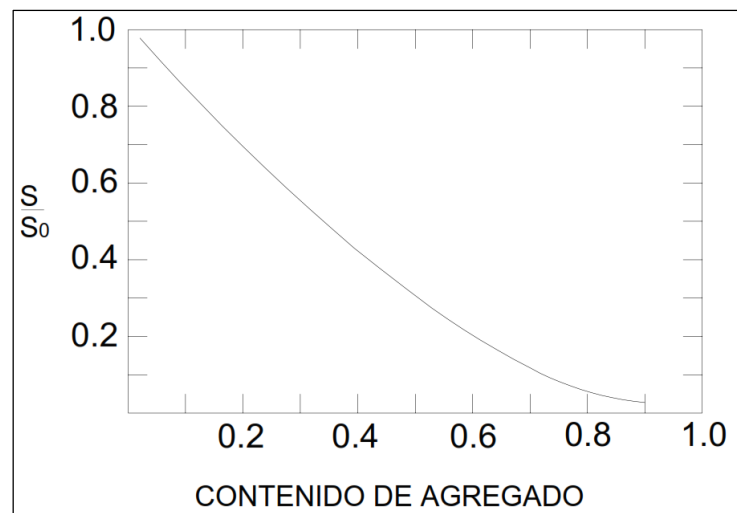
(Rivera L., 2010), Indica que los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activo, entre otros.

Pero hay algunos otros agregados, que presentan elementos nocivos o eventualmente inconvenientes que reaccionan afectando la estructura interna del concreto y su durabilidad, como por ejemplo, los que presentan elementos sulfurados, los que contienen partículas pulverulentas más finas o aquellas que se encuentran en descomposición latente como algunas pizarras.

• IMPORTANCIA DE LOS AGREGADOS:

(Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006), Dicen que inicialmente se podría pensar que la función de los agregados en el concreto es la de reducir los costos, pero en realidad no se podría conseguir un buen concreto si no se contara con estos. Por ejemplo la pasta sin agregados sufriría una cantidad intolerable de contracción que conduciría al agrietamiento, debido a la contracción diferencial entre las partes exteriores e interiores. La superficie del agregado proporciona una enorme área de contacto para producir una liga íntima con la pasta. La rigidez de los agregados restringe en gran parte el cambio de volumen de la masa en conjunto. En la figura 04 se muestra la magnitud de la contracción del concreto con relación a la pasta, conforme se aumenta la cantidad de agregado en el propio concreto, por ejemplo con un contenido de 75% de agregado la contracción del concreto es sólo de alrededor de un décimo del correspondiente al que presentaría una pasta sin agregados.

FIGURA 04: Relación de la contracción S del concreto, en función del porcentaje de agregado del concreto

FUENTE: (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006) Apoyo Didáctico “Tecnología del Hormigón”

(Rivva López, 2000), Dice que no obstante el agregado constituye el material que en el más alto porcentaje interviene en la unidad cúbica de concreto, el estudio del importante papel que desempeña en el comportamiento de éste, fue durante muchos años descuidado. Este descuido fue principalmente debido a tres razones: que su costo, en general, era bastante menor que el del cemento; que las resistencias en compresión de los concretos eran, en general, bajas; y que se le consideraba como un material inerte de relleno. Hoy se sabe que el agregado tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto tanto en su estado plástico como ya endurecido.

Además de los efectos específicos sobre las diversas propiedades del concreto, las características físicas, químicas y mecánicas de los agregados tienen efecto importante no solo en el acabado y calidad final del concreto; sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios de volumen y peso unitario del concreto endurecido.

Los estudios efectuados a partir de las investigaciones iniciales de Gilkey permiten hoy conocer que el agregado debe estar constituido por partículas limpias y adecuadamente conformadas; que en su estructura deben entrar materiales resistentes y durables; que debe poseer una granulometría adecuada; que debe tener límites en su capacidad de absorción y de partículas inconvenientes; que debe ser resistente a la abrasión; que debe tener inalterabilidad de volumen, que debe ser capaz de resistir cambios físicos o químicos que podrían originar rajaduras, hinchazón o ablandamiento del concreto, etc.

- **CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS:**

(Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006), Indican que la gran variedad de material granular que se incorpora en el concreto hace que sea muy difícil la expresión de una definición por completo satisfactoria de “Agregado”. Por lo que aquí se dan varias definiciones según tres clasificaciones: por su procedencia, por su tamaño y por su gravedad específica.

- **POR SU PROCEDENCIA:**

- ❖ **Agregados naturales:** Formados por procesos geológicos.
- ❖ **Agregados artificiales:** Proviene de un proceso de transformación de los agregados naturales, dichos agregados artificiales son productos secundarios. Algunos de estos agregados son los que constituyen la escoria siderúrgica, la arcilla horneada, el concreto reciclado, piedra triturada (chancada), etc.
- ❖ **Piedra triturada:** Producto que resulta de la trituración artificial de rocas, piedra boleada o pedruscos grandes, del cual todas las caras poseen aristas bien definidas, resultado de la operación de trituración.
- ❖ **Escoria siderúrgica:** Residuo mineral no metálico, que consta en esencia de silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases, y que se produce simultáneamente con la obtención del hierro.

- **POR SU TAMAÑO:**

- ❖ **Agregado grueso:** Agregado retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm); o bien, aquella porción de un agregado que es retenida por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm). El agregado grueso utilizado en nuestro medio es denominado “Grava”, que resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o procede de la trituración de esta.
- ❖ **Agregado fino.-** Agregado que pasa por el tamiz de 3/4” (9.5 mm) y casi pasa por completo por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm). y es retenido de modo predominante por el tamiz No. 200 (de 75 μ m); o bien, aquella porción de un agregado que pasa por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm) y es retenida de modo predominante por el No. 200 (de 75 μ m).

El agregado fino utilizado en nuestro medio se denomina “Arena”, este resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o procede de la trituración de esta.

➤ **POR SU GRAVEDAD ESPECÍFICA:**

- ❖ **Ligeros:** $G_s < 2.5$. Los agregados ligeros, como la arcilla esquistosa y la expandida, la escoria expandida, la Vermiculita, la Perlita, la Piedra Pómez y las Cenizas, se utilizan para producir concreto aislante, para unidades de mampostería o estructural ligero que pesa entre 400 y 2000 kg/m³.
- ❖ **Normales:** $2.5 < G_s < 2.75$. Los materiales principales que se usan en el concreto de peso normal, por lo común de 2300 a 2500 kg/m³, incluyen las arenas y gravas, roca triturada y escoria siderúrgica. Las rocas trituradas de uso más común son el Granito, Basalto, Arenisca, Piedra Caliza y Cuarzita.
- ❖ **Pesados,** $G_s > 2.75$. Los agregados pesados, como la Magnetita, la Barita o el Hierro de desecho, se usan para producir concreto de 2900 a 3500 kg/m³, utilizado para blindaje contra la radiación y para contrapesos de concreto.

• **GRANULOMETRÍA:**

(Rivera L., 2010), Indica que es la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados; se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de la cuantía de cada fracción se denomina como granulometría. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad de una mezcla a otra. En general, los agregados deben de tener partículas de todos los tamaños con el fin de que las partículas pequeñas llenen los espacios dejados por las partículas más grandes, de ésta forma se obtiene un mínimo de huecos o sea una máxima densidad; como la cantidad de pasta (agua más cemento) que se necesita para una mezcla es proporcional al volumen de huecos de los agregados combinados, es conveniente mantener este volumen al mínimo.

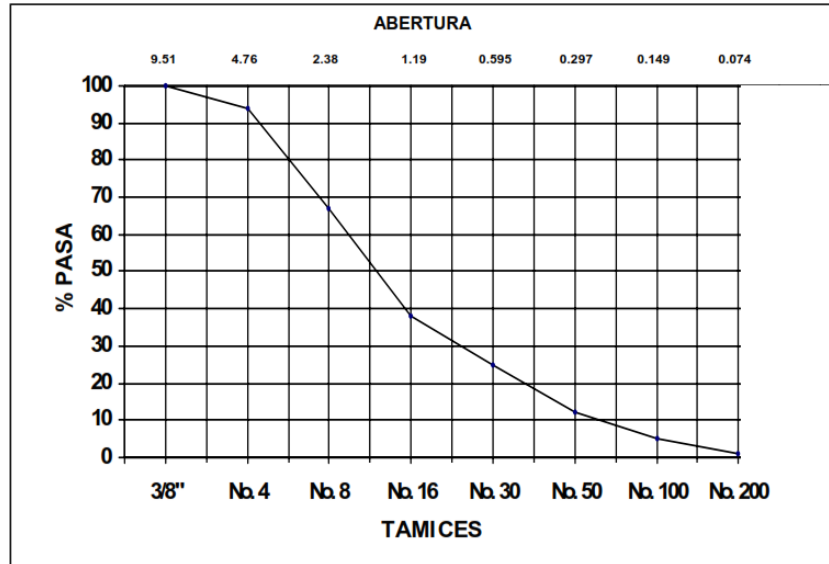
➤ **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:**

El análisis granulométrico consiste en hacer pasar el agregado a través de una serie de tamices que tienen aberturas cuadradas y cuyas características deben de ajustarse a la norma NTP 400.012. Actualmente la designación de tamices se hace de acuerdo a la abertura de la malla, medida en milímetros o en pulgadas.

Para una mejor comprensión e interpretación de los resultados se acostumbra a representar gráficamente el análisis granulométrico en la denominada curva granulométrica o línea de cribado.

En la curva de granulometría se representa generalmente sobre el eje de las ordenadas el porcentaje que pasa, en escala aritmética; y en las abscisas la abertura de los tamices en escala logarítmica.

FIGURA 05: Curva Granulométrica



FUENTE: (Rivera L., 2010) Concreto Simple

➤ **MODULO DE FINEZA:**

El módulo de fineza es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Está definido como la centésima parte del número que se obtiene al sumar los porcentajes retenidos acumulados en la siguiente serie de tamices: No.100, No.50, No.30, No.16, No.8, No.4, 3/8", 3/4", 1½" y los tamices siguientes cuya abertura está en relación de 1 a 2. El módulo de fineza se puede calcular a cualquier material, sin embargo se recomienda determinar el módulo de fineza al agregado fino y según su valor, este agregado se puede clasificar tal como se presenta en la Tabla 04.

TABLA 04: Clasificación del Agregado Fino de acuerdo al Módulo de Fineza

MODULO DE FINURA	AGREGADO FINO
Menor que 2,00	Muy fino o extra fino
2,00 – 2,30	Fino
2,30 – 2,60	Ligeramente fino
2,60 – 2,90	Mediano
2,90 – 3,20	Ligeramente grueso
3,20 – 3,50	Grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extra grueso

FUENTE: (Rivera L., 2010) Concreto Simple

➤ **TAMAÑO MÁXIMO:**

Está definido como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad del agregado. De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material.

➤ **TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:**

El tamaño máximo nominal de las partículas es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma aplicable, sobre el cual se permite la retención de cualquier material.

Es más útil que el tamaño máximo porque indica de mejor manera el promedio de la fracción gruesa, mientras que el tamaño máximo solo indica el tamaño de la partícula más grande de la masa de agregados, la cual puede ser única. El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se determinan generalmente al agregado grueso únicamente.

➤ **REQUISITOS DE LOS AGREGADOS:** (Torre Carrillo, 2004), Nos da a conocer los siguientes requisitos que deben tener los agregados granulométricos para ser usados en el concreto:

TABLA 05: Límites Granulométricos para el Agregado Grueso

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

FUENTE: (Torre Carrillo, 2004) Curso Básico de Tecnología del Concreto

TABLA 06: Límites Granulométricos para el Agregado Fino

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (N°4)	89 – 100	95 – 100	85 – 100	89 – 1000
2.38 mm (N°8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.20 mm (N° 16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm (N° 30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm (N° 50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
0.15 mm (N° 100)	0 – 12	2 – 10	0 – 12*	0 – 12*

Fuente: (Torre Carrillo, 2004) Curso Básico de Tecnología del Concreto

TABLA 07: Sustancias Dañinas en los agregados para el concreto

Descripción	Agregados	
	Fino	Grueso
Partículas deleznales	3%	5%
Material más fino que el tamiz N° 200	5%	1%
Carbón y lignito	0.5	0.5%

FUENTE: (Torre Carrillo, 2004) Curso Básico de Tecnología del Concreto

- **ENSAYOS DE LOS AGREGADOS:** El (MTC, 2016), nos da a conocer todos los ensayos que se deben realizar a los materiales integrados en un manual, entre los ensayos que usaremos tenemos:
 - **CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200:** Según la NTP 339.132 y la norma MTC E-202 (MTC, 2016), nos da a conocer los objetivos y recomendaciones para realizar el ensayo.
 - **OBJETIVO:** Describir el procedimiento para determinar, por lavado con agua, la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) en un agregado. Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 µm (N° 200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

- **FINALIDAD Y ALCANCE:** El material más fino que el tamiz de 75 μm (N° 200) puede ser separado de las partículas mayores de manera más eficiente y completa por el tamizado en húmedo que por el uso de tamizado en seco. Por ello, cuando se desea determinaciones exactas del material más fino que el tamiz de 75 μm (N° 200) en un agregado grueso o fino, este ensayo es usado sobre la muestra antes del tamizado en seco de acuerdo con el ensayo MTC E204. Los resultados de este ensayo son incluidos en el cálculo del ensayo MTC E204 y la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75 μm (N° 200) además del obtenido por tamizado en seco en la misma muestra es reportado con los resultados de MTC E 204. Usualmente, la cantidad adicional del material más fino que 75 μm obtenido en el proceso de tamizado en seco es una cantidad pequeña. Si ésta es muy grande, la eficiencia de la operación de lavado debe ser chequeada. Esto también puede ser indicativo de degradación del agregado. Este ensayo se aplica para determinar la aceptabilidad de agregados finos en lo relacionado al material pasante el tamiz de 75 μm (N° 200).

- **RECOMENDACIONES:**
 - a) El agua empleada no debe contener detergentes, agentes dispersantes u otras sustancias de ese tipo.
 - b) Si se emplea equipo de lavado mecánico, la adición de agua, la agitación y la decantación pueden constituir un proceso continuo.
 - c) Se recomienda los siguientes pesos mínimos de muestra:

TABLA 08: Cantidad mínima de muestra para lavado por malla n° 200

Tamaño máximo nominal del agregado		Peso mínimo de la muestra (g)
4,75 mm	(N° 4) ó menor	300
9,5 mm	(3/8")	1 000
19,0 mm	(3/4")	2 500
37,5 mm	(1 1/2") o mayor	5 000

FUENTE: (MTC, 2016) Manual de Ensayos de Materiales

Usar la siguiente fórmula para realizar los cálculos:

$$A = \left[\frac{B - C}{B} \right] \times 100$$

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 por lavado.



B = Peso original de la muestra seca, en gramos.

C = Peso de la muestra seca, después de lavada, gramos.

➤ **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS:** En base a la Norma Técnica Peruana NTP 400.012, y la norma MTC E-204 (MTC, 2016) da a conocer los objetivos y recomendaciones que se debe tener en cuenta al realizar este ensayo:

▪ **OBJETIVO:** Determinar por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada la distribución de partículas de agregados grueso y fino en una muestra seca de peso conocido.

▪ **FINALIDAD Y ALCANCE:** Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

La determinación del material que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) no se obtiene por este ensayo. El método de ensayo a emplear será: "Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado" (MTC E 202).

▪ **RECOMENDACIONES:**

a) Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos.

b) El tamaño de muestras a ensayar serán obtenidas mediante las siguientes consideraciones:

❖ **AGREGADOS FINOS:**

a) Agregados en que por lo menos el 95% pasa el tamiz de 8.36 mm (No. 8), se ensayaran 100 gr. de muestra.

b) Agregados en que por lo menos el 85% pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4), y más del 5% queda retenido en el tamiz de 2.36 mm (No. 8) se ensayaran 500 gr. de muestra.

- ❖ **AGREGADOS GRUESOS:** Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente los siguientes pesos:

TABLA 09: Cantidad mínima de muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

FUENTE: (MTC, 2016) Manual de Ensayos de Materiales

- **PESO UNITARIO Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS:** En base a la Norma Técnica Peruana NTP 400.017, y la norma MTC E-203 (MTC, 2016) da a conocer los objetivos y recomendaciones que se debe tener en cuenta al realizar este ensayo:
- **OBJETIVO:** Determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos. El método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm (6”).
 - **FINALIDAD Y ALCANCE:** Se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto. También se utiliza para determinar la relación masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra donde se desconoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito de almacenamiento (que usualmente contienen humedad superficial absorbida) y los llevados a cabo por este ensayo que determina el peso unitario seco.

RECOMENDACIONES:

- a) Usar la siguiente fórmula para determinar los vacíos de los agregados:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W}$$

A = Peso específico aparente según los procedimientos del MTC E205.

B = Peso unitario de los agregados en Kg/m^3

C = Peso unitario del agua, 1000 Kg/m^3

- **GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS :** En base a la Norma Técnica Peruana NTP 400.022, y la norma MTC E-205 (MTC, 2016) da a conocer los objetivos y recomendaciones que se debe tener en cuenta al realizar este ensayo:

- **OBJETIVO:** Determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado fino.

FINALIDAD Y ALCANCE:

- ❖ El peso específico (gravedad específica) es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. También es usado en el cálculo de vacíos en el agregado del ensayo MTC E 203.
- ❖ El peso específico aparente y peso específico relativo aparente atañen al material sólido de las partículas constituyentes que no incluyen el espacio poroso dentro de ellas que es accesible al agua. Este valor no es ampliamente usado en la tecnología de agregados de construcción.
- ❖ Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, comparado a la condición seca, cuando es estimado que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente para satisfacer la mayor absorción potencial.

- ❖ Se aplica para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como en control de uniformidad de las características físicas.
- ❖ No es aplicable para agregados ligeros por cuanto la inmersión en agua por 24 horas no asegura que los poros se llenen completamente, lo cual es un requisito necesario para poder aplicar el ensayo eficientemente.

▪ **RECOMENDACIONES:**

- a) Usar la siguiente fórmula para determinar los datos necesarios:

$$\begin{aligned}\text{Peso específico aparente} &= \frac{A}{B + S - C} \\ \text{Peso específico aparente (S.S.S.)} &= \frac{A}{B + S - C} \\ \text{Peso específico nominal} &= \frac{A}{B + A - C} \\ \text{Absorción (\%)} &= \frac{S - A}{A} \times 100\end{aligned}$$

A = Peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos.

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos.

- **GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS:** En base a la Norma Técnica Peruana NTP 400.021, y la norma MTC E-206 (MTC, 2016) da a conocer los objetivos y recomendaciones que se debe tener en cuenta al realizar este ensayo.
- **OBJETIVO:** Establecer un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie

seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este modo operativo no es aplicable para agregados ligeros.

- **FINALIDAD Y ALCANCE:** Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua. Finalmente la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y fórmulas en este modo operativo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción.

- **RECOMENDACIONES:**
 - a) Usar la siguiente fórmula para determinar los datos necesarios:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$
$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{B}{B - C}$$
$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$
$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

A = Peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

B = Peso de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C = Peso en el agua de la muestra saturada, en gramos.

- b) Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm (N°4), las cantidades mínimas para ensayo se indican en la siguiente tabla que está en función del tamaño máximo nominal del agregado.

TABLA 10: Peso mínimo de la muestra de ensayo para gravedad específica de agregados gruesos

Tamaño Máximo Nominal mm (pulg)	Peso Mínimo de la Muestra de Ensayo Kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50,0 (2)	8 (18)
63,0 (2 ½)	12 (26)
75,0 (3)	18 (40)
90,0 (3 ½)	25 (55)
100,0 (4)	40 (88)
112,0 (4 ½)	50 (110)
125,0 (5)	75 (165)
150,0 (6)	125 (276)

FUENTE: (MTC, 2016) Manual de Ensayos de Materiales

2.2.1.5.3 AGUA:

(Rivera L., 2010), Indica que el agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del concreto. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el concreto queden trabajables.

Como norma general se considera que el agua es adecuada para producir mortero u concreto si su composición química indica que es apta para el consumo humano, sin importar si ha tenido un tratamiento preliminar o no; es decir, casi cualquier agua natural que pueda beberse y que no tenga sabor u olor notable sirve para mezclar el mortero o el concreto. Sin embargo, el agua que sirve para preparar estas mezclas, puede no servir para beberla.

- **IMPORTANCIA DEL AGUA:** (Rivva López, 2000), Nos dice que el agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:
 - La formación de gel.
 - En estado plástico faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.
 - En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas

- **REQUISITOS PARA EL USO DE AGUA:** (Rivera L., 2010), Dice que de ser posible realizar un análisis químico, se recomienda que el agua utilizada en la preparación de mezclas de mortero o concreto, cumpla los requisitos de la siguiente tabla. Sin embargo, es preferible ensayar el agua que se va a emplear en la preparación de la mezcla y comparar los resultados con los de un agua testigo (de comportamiento conocido como por ejemplo agua destilada).

TABLA 11: Límites de impurezas permitidos al agua de mezcla

TIPO DE IMPUREZA	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO
Acidos orgánicos (ácido sulfúrico)	10000 ppm
Aceite mineral (por masa de cemento)	2 %
Agua con algas	no recomendable
Agua de mar:	
*para concreto no reforzado	35000 ppm
*para concreto reforzado o pretensado	no recomendable
Aguas sanitarias	20 ppm
Azúcar	500 ppm
Carbonato de calcio y magnesio	400 ppm
Carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio	1000 ppm
Cloruro de calcio	30000 ppm
Cloruro de magnesio	40000 ppm
Cloruros:	
*estructuras con bajo potencial de corrosión y condiciones secas	20000 ppm
*concreto pretensado	500 ppm
*estruct. con elementos galvaniz. y de aluminio	1000 ppm
Hidróxido de potasio (por masa de cemento)	1,2%
Hidróxido de sodio (por masa de cemento)	0,5%
Partículas en suspensión	2000 ppm
PH	6 - 8
Sales de hierro	40000 ppm
Sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo	500 ppm
Sulfato de magnesio	25000 ppm
Sulfato de sodio	1000 ppm
Sulfito de sodio	100 ppm
El contenido máximo de iones combinados de calcio, magnesio ,sodio, potasio, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitrato y carbonato es 20000ppm	

FUENTE: (Rivera L., 2010) Concreto Simple

2.2.1.5.4 ADITIVOS (FIBRAS EN EL CONCRETO):

- **FIBRAS COMO REFUERZO EN EL CONCRETO:** (Sánchez de Guzmán, 2001)

Nos dice que entre los materiales que han tenido usos estructurales similares al del concreto tales como el adobe, la tapia pisada, los morteros de cal entre otros; la fibra siempre ha estado presente. Las fibras vegetales son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración a los elementos)

(BEKAERT, 2007) Nos dice que en 1874 fue la fecha cuando se patentó el primer concreto reforzado con fibra.

(Sika, 2010) El uso de las fibras naturales como un componente más en materiales de relleno o aglomerantes, no es así nuevo y se remonta a varios siglos atrás. En concreto existen referencias tempranas de experimentación con refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos) que remontan a 1910.

(Porreo & Ramos, 2014) Nos dice que históricamente, el uso de fibras cortas para reforzar matrices de barro o arcilla para mejorar su resistencia a la deformación y al agrietamiento, es muy remoto. Los constructores babilonios y egipcios, hacia el año 3000 a.c., fabricaban ladrillos con paja, secados al sol (primeros materiales compuestos artificiales conocidos). A comienzos del siglo XX apareció el asbesto-cemento, que se popularizó rápidamente. Posteriormente se planteó su relación con posibles daños pulmonares y, a partir de la década de los sesenta, se impulsó la búsqueda de fibras sintéticas

(MACAFERRI), En su manual nos indica que Las fibras con una adecuada resistencia mecánica a la tracción, homogéneamente distribuidas dentro de un concreto, constituyen una micro-armadura la cual, por un lado se muestra extremadamente eficaz para contrastar el muy conocido fenómeno de la fisuración por retracción y, por otro lado, confiere al concreto una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia misma de las fibras y su cantidad, confiriendo además al concreto en tales circunstancias una gran tenacidad.

(Álvarez G, 2014) Nos dice que la institución EHE-08 en el anejo 14 define a las fibras como elementos de corta longitud y de pequeñas secciones que se añaden en masa del concreto para mejorar ciertas propiedades

- **TIPOS DE FIBRAS:** (Sika, 2010) Clasifica a las fibras en dos grupos:

➤ **POR EL MATERIAL:**

- **Fibras metálicas:** Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre longitud y diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (generalmente de bajo contenido de carbón)
- **Fibras sintéticas:** Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por acrílico, aramid, carbón, polipropileno, poliestileno, Nylon, poliéster, etc.
- **Fibras de vidrio:** Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.
- **Fibras naturales:** Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm con valores de absorción superiores al 12%.

➤ **POR LA FUNCIONALIDAD, GEOMETRÍA Y DOSIFICACIÓN**

- **Microfibras:** Fibras destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas.
- **Macrofibras:** fibras destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido.

TABLA 12: Características Mecánicas de las Fibras

Fibras	Diámetro (μm)	Densidad (10^3 kg/m^3)	Modulo elástico (kN/mn^2)	Resistencia a tracción (kN/mn^2)	Elongación a ruptura (%)
Acero	5 - 500	7,84	200	0,5 - 2	0,5 - 3,5
Vidrio	9 - 15	2,60	70 - 80	2-4	2 - 3,5
Amianto	0,02 - 0,04	3,00	180	3,30	2 - 3
Polipropileno	20 - 200	0,90	5 - 7	0,5 - 0,75	8
Nylon	-	1,10	4	0,90	13 - 15
Polietileno	-	0,95	0,30	0,0007	10
Carbono	9	1,90	230	2,60	1
Kevlar	10	1,45	65 - 133	3,60	2,1 - 4
Acrílico	18	1,18	14 - 19,5	0,4 - 1	3

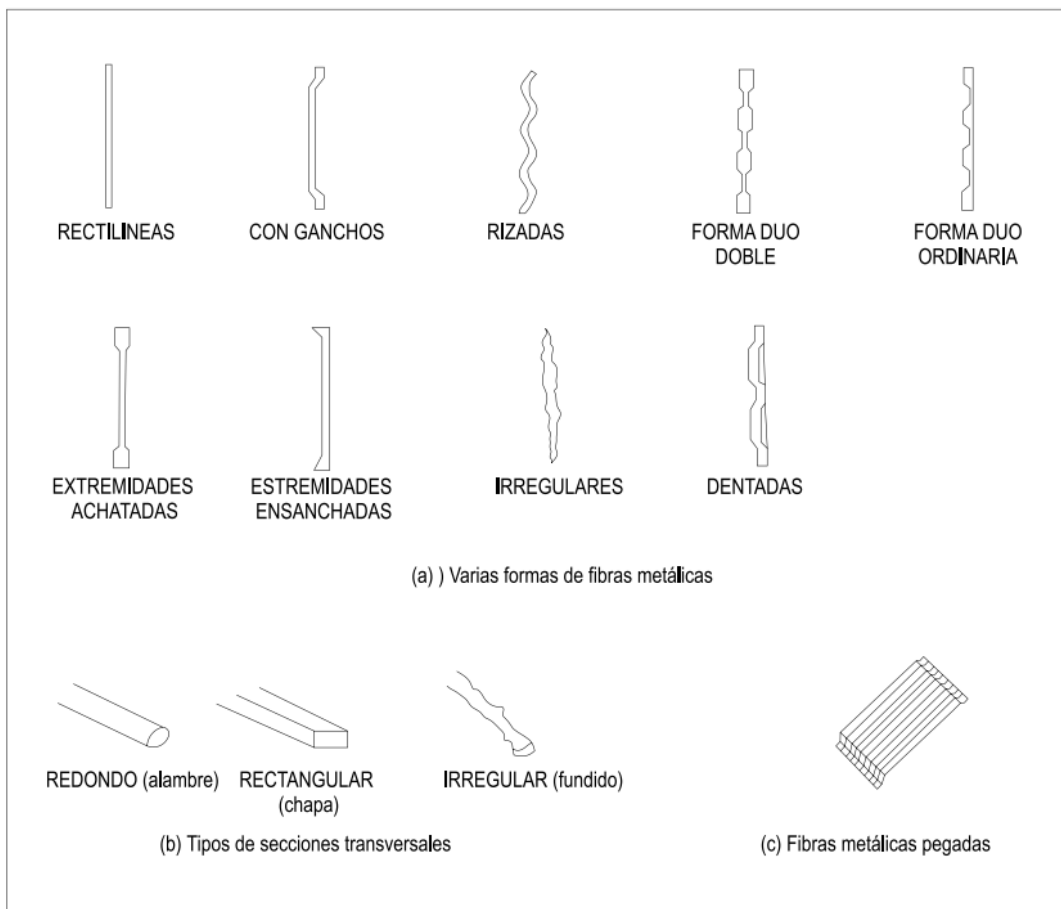
FUENTE: (MACAFERRI) Fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón

- **FIBRAS METÁLICAS:**

(Mármol S., 2010) Dice que las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al concreto con el fin de conferirle ciertas características específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de concreto en estado fresco empleado metodologías de mezclado tradicionales.

Las fibras de aceros se consideran elementos geométricos de corta longitud y de pequeña sección transversal, que poseen una superficie lisa y trabajada, y es añadida en el conglomerado del concreto para otorgar unas ciertas características. (Álvarez G, 2014) (MACAFERRI), En su manual indica que las fibras son productos de acero caracterizado geoméricamente por una dimensión predominante respecto a las demás, con superficie pareja o trabajada, empleada como refuerzo en el conglomerado del concreto, de forma rectilínea o doblada, para poder ser dispersada de una forma homogénea en la masa, manteniendo las características geométricas.

FIGURA 06: Formas de Fibras Metálicas

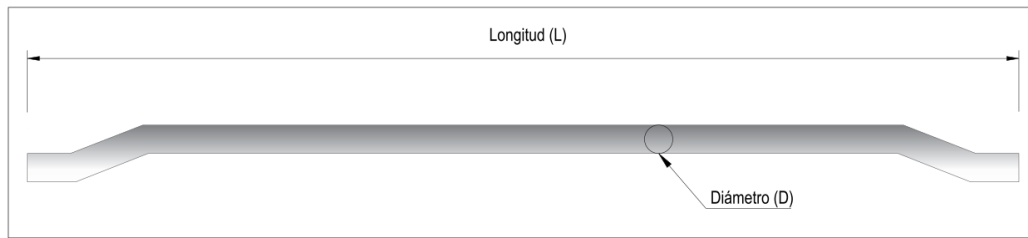


FUENTE: (MACAFERRI) Fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón

La fibra está caracterizada geoméricamente por la longitud L , por la forma y por el diámetro equivalente D_e . De esta relación entre la longitud y el diámetro equivalente se obtiene la relación de aspecto:

$$\lambda = \frac{L}{D_e}$$

FIGURA 07: Fibra metálica doblada



FUENTE: (MACAFERRI) Fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón

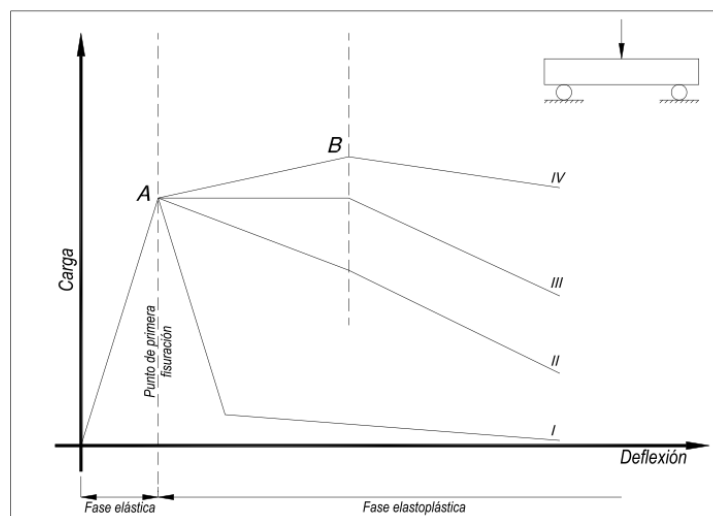
- **CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS:**

(Mármol S., 2010) Nos dice que el concreto reforzado con fibras se define como aquellos concretos que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa. Según la definición de la ACI no es más que concreto hecho a partir de cementos hidráulicos, contenidos de áridos finos, finos y gruesos y fibras discretas discontinuas.

(Garcés G. & Callejo G., 2011) Nos dicen que una característica general del concreto es su agrietamiento por alteraciones volumétricas. La adición de fibras cortas a la mezcla, distribuidas en forma discontinua y aleatoria, ayuda a controlar el fenómeno, evitando la concentración de grietas, por lo tanto, favorece a la redistribución de tensiones en toda la superficie, con lo cual, se obtiene mayor número de grietas de menor abertura y profundidad. Mediante este procedimiento se mejora el comportamiento del concreto a algunas sollicitaciones, especialmente tracción, desgaste y flexión.

(MACAFERRI) Nos muestra el siguiente gráfico de las posibles respuestas que se pueden obtener mediante el ensayo de flexión sobre elementos fibroreforzados

FIGURA 08: Ensayos de flexión de concretos con fibras metálicas



FUENTE: (MACAFERRI) Fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón

Bajo cargas moderadas, inferiores a la de cadencia del hormigón, el comportamiento del material es siempre elástico y no se produce ninguna fisuración en la probeta bajo ensayo de flexión, independientemente de la presencia o la calidad de las fibras. Por el contrario, comportamientos bastantes distintos se pueden verificar continuando la prueba, incrementando la carga a partir del punto A, denominado “punto de primera fisuración”.

- **Curva I:** Esquematiza el comportamiento de un hormigón normal sin refuerzo, una vez alcanzada la carga de primera fisuración, esta colapsa de inmediato, siendo el típico comportamiento de un material frágil.
- **Curva II:** Muestra alguna capacidad del hormigón (fibroreforzado) para absorber después del punto de primera fisuración cierta carga, aunque baja (A-B), con luego un colapso más lento.
- **Curva III:** Muestra el comportamiento típico de un material dúctil, dando así un hormigón capaz de soportar, a partir del punto de primera fisuración, un desplazamiento importante (A-B) bajo carga constante, bastante antes del aún más lento colapso (comportamiento plástico).
- **Curva IV:** Evidencia un cierto incremento de carga soportable bajo un amplio desplazamiento (A-B), después del punto de primera fisuración (comportamiento endurecido).

Es intuitivo que estos posibles comportamientos, o grados de ductilidad y tenacidad adquiridos por el hormigón, dependen ya sea de la cantidad de fibras presentes como de sus características mecánicas y geométricas.

- **REVESTIMIENTO SUPERFICIAL:** (MACAFERRI) Nos dice que las fibras pueden tener un revestimiento superficial de zinc con la finalidad de garantizar en casos de aplicaciones en ambientes especiales agresivos. A seguir el contenido mínimo en función del diámetro del alambre:

TABLA 13: Revestimiento mínimo de zinc de las fibras de acero

Diámetro (mm)	Masa del revestimiento mínimo (g/m ²)
$0,15 \leq D_0 < 0,50$	15
$0,50 \leq D_0 < 0,80$	20
$0,8 \leq D_0 < 1,20$	25

FUENTE: (MACAFERRI) Fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón

➤ **CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS:**

(Carrillo, Aperador, & González, 2012) Hace referencia que, las ventajas más significativas de la adición de fibras de acero al concreto son:

- Proveen tenacidad a la flexión (capacidad de absorber energía después del agrietamiento)
- Aumentan la resistencia a la tensión directa, a cortante y torsión.
- Incrementa las propiedades de resistencia a impacto y fatiga.
- Mejoran el comportamiento de contracción y flujo plástico.
- Incrementan la durabilidad en ciertas condiciones climáticas.

➤ **USOS Y APLICACIONES**

Según (Porreo & Ramos, 2014) algunas aplicaciones de morteros y concretos reforzados con fibras son:

- **Paredes prefabricadas:** Tanto con fines estructurales como de cerramientos. Estos tabiques, de tamaños variables, pueden llegar a tener espesores de 2 ó 3 cm en lugar de los 10 ó 12 cm que necesitarían si el material fuese concreto armado, con lo cual se hacen cinco o seis veces más livianos. Estas paredes, muchas de ellas de tipo `sándwich, pueden movilizarse con equipos ligeros y las más pequeñas hasta pueden colocarse manualmente.
- **Tuberías, tanques y canales:** Con morteros y concretos reforzados con fibras, se pueden fabricar tuberías y depósitos de pequeño espesor, impermeables, livianos y de bajo costo. Tienen aplicaciones en silos para granos, tuberías de aguas servidas, canales de riego o de drenaje, tanques y otros.
- **Cubiertas tipo cáscara:** Son estructuras livianas por su pequeño espesor y con posibilidad de curvaturas variadas. Una de las más notables fue construida en Stuttgart en 1977, cubriendo un área circular de 31 metros de diámetro y con 1 centímetro de espesor. Encofrado. El fibroconcreto se ha empleado para conformar encofrados, sean perdidos o recuperables.
- **Pavimentos:** Aprovechando su alta resistencia al impacto, al desgaste y a la flexotracción, el fibroconcreto se ha utilizado en autopistas, carreteras y pistas de aeropuertos. Las fibras de polipropileno se utilizan para reducir la formación de grietas de retracción en pisos y losas. El resultado es excelente en canchas deportivas que, por requerimientos de uso, no admiten juntas de retracción.

- **Represas:** Especialmente en aliviaderos, donde ofrecen un buen desempeño contra la cavitación y la abrasión húmeda.
- **Reparaciones:** El concreto con fibras está ganando velozmente campos de aplicación en las reparaciones, reconstrucciones y rehabilitaciones.

2.2.1.6 PROPIEDADES DEL CONCRETO:

2.2.1.6.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

- **CONSISTENCIA (REVENIMIENTO):** (Torre Carrillo, 2004), Dice que denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende:
 - Agua de amasado.
 - Tamaño máximo del agregado.
 - Granulometría.
 - Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

TABLA 14: Tipos de concreto según su consistencia

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

FUENTE: (Abanto Castillo, 2000) Tecnología del concreto

2.2.1.6.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** (Romo Proaño, 2008), Indica que la resistencia a la compresión del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas, que duran unos pocos minutos. Esta resistencia se la mide luego de 28 días de fraguado bajo condiciones controladas de humedad; La resistencia a compresión se determina con la siguiente formula:

$$F'c = P/A$$

Donde:

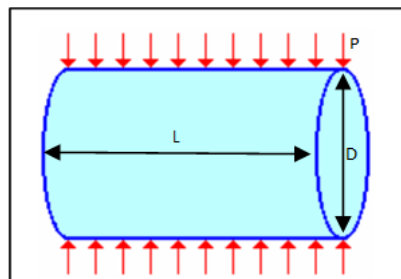
$F'c$ = Resistencia a la compresión (Kg/cm^2).

P = Fuerza máxima a compresión soportada por el espécimen (Kg-f).

A = Área del espécimen donde es aplicada la fuerza (cm^2).

- **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:** (Romo Proaño, 2008), Indica que el concreto es un material ineficiente resistiendo cargas de tracción; comparativamente esta resistencia representa hasta un 10% de su capacidad a la compresión. Es por ello que en el concreto armado los esfuerzos de tracción son absorbidos por el acero de refuerzo. La Prueba de Separación (Split test), que utiliza cilindros tradicionales de concreto colocados horizontalmente. Tanto en la parte superior como en la inferior (a lo largo del cilindro) se colocan cartones para la aplicación de carga de compresión uniformemente lineal y transversal.

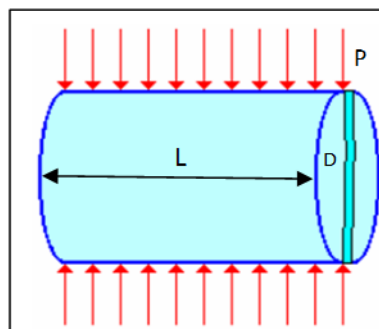
FIGURA 09: Solicitaciones externas en la prueba de Split test



FUENTE: (Romo Proaño, 2008) Temas de hormigón armado

La falla del cilindro se produce por separación, sobre un eje vertical, de las dos mitades de la muestra, exactamente por el diámetro del espécimen.

FIGURA 10: Rotura tipo en la prueba de Split test



FUENTE: (Romo Proaño, 2008) Temas de hormigón armado

La resistencia a tracción por este método es calculada con la siguiente fórmula:

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:



f_{sp} = Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm^2).

P = Carga máxima indicada por la prensa (kg).

L = Longitud del espécimen (cm).

D = Diámetro del espécimen (cm).

Según (Ottazzi Pasino, 2004), La resistencia a la tracción indirecta (f_{sp}) del concreto varía entre el 8% y el 15% de la resistencia en compresión ($f'c$).

2.2.1.7 DISEÑO DE MEZCLAS NORMALES EN EL CONCRETO:

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente, la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. Es usual el suponer que esta técnica consiste en la aplicación sistemática de ciertas tablas y proporciones ya establecidas que satisfagan prácticamente todas las situaciones normales en las obra (Rivva López, 2000).

En la tecnología del concreto moderna es una premisa básica el que no se puede separar el diseño de mezcla, del proceso constructivo en su integridad, ya que entre ambos existe una correspondencia biunívoca, pues para cada obra existen condicionantes ambientales, de diseño estructural, de materiales, mano de obra, equipo, etc., que necesariamente requieren una solución original en lo que al diseño de mezcla se refiere. (Pasquel Carbajal, 1998).

- **PARÁMETROS BÁSICOS DE LOS MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO:** Según (Pasquel Carbajal, 1998) tenemos los siguientes parámetros:
 - **El principio de volúmenes absolutos.-** Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar el cálculo , los volúmenes de componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con el aire que se atrapa el concreto suministren la unidad de medida que se esté adoptando, que usualmente es de 1 m³.
 - **La resistencia en compresión y la relación agua/cemento.-** Dado que por lo general la resistencia a la compresión es un requisito fundamental que emana del proyectista exige consideraciones especiales de durabilidad, se deriva entonces que un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación Agua/Cemento, pues como hemos



visto al evaluar los conceptos sobre los materiales en el concreto, este parámetro regula dicho comportamiento.

- **La granulometría de los agregados y el tamaño máximo de la piedra.-** Está generalizado mundialmente el criterio de utilizar las granulometrías o gradaciones que proveen el mejor acomodo entre las partículas creando una estructura muy densa, resistente e impermeable y favoreciendo la trabajabilidad. En este sentido existen una gran variedad de opciones en cuanto a cómo evaluar dichas gradaciones y como combinarlas, que dependen de la mayor o menor confiabilidad que se les asigne al sustento técnico de cada una, por lo que esta etapa es la que diferencia un método de diseño de otro.
- **La trabajabilidad y su trascendencia.-** La trabajabilidad constituye el parámetro más manejado por los que diseñan, producen y colocan concreto, sin embargo es el más difícil de definir, evaluar y cuantificar en términos absolutos. Esta se define como el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto en estado fresco en los diferentes procesos de fabricación, transporte, colocación, compactación y acabado.

(Rivva López, 2000), Nos dice que es usual que las características de obra establezcan las limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre dichas limitaciones pueden estar:

- Relación agua – cemento máxima.
- Contenido mínimo de cemento.
- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima.
- Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, y la utilización de tipos especiales de cemento.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.

- **MÉTODO TRADICIONAL DEL ACI Y SUS ALCANCES**

El método original del ACI data del año 1944, habiendo experimentado relativamente muy pocas variantes sustantivas hasta la última versión emitida por el Comité 211.1 el año 1991, (Pasquel Carbajal, 1998).

➤ **PASOS PARA EL MÉTODO DE DISEÑO**

Asumiendo que se conocen todas las características de los materiales: Cemento elegido y sus propiedades, los agregados y sus pesos específicos secos y pesos unitarios secos, granulometría, humedades, absorciones y las condiciones de la obra a ejecutar, todos los métodos aplican los siguientes pasos:

a) **Selección de la resistencia:** a partir de la resistencia en compresión específica y la desviación estándar

TABLA 15: Resistencia promedio a la compresión cuando existen datos para establecer la desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (5-1) y (5-2): $f'_{cr} = f'_c + 1,34 S_s$ (5-1) $f'_{cr} = f'_c + 2,33 S_s - 3,5$ (5-2)
$f'_c > 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (5-1) y (5-3): $f'_{cr} = f'_c + 1,34 S_s$ (5-1) $f'_{cr} = 0,90 f'_c + 2,33 S_s$ (5-3)

FUENTE: (MVCS & SENCICO, 2009) Norma E-060 “Concreto Armado”

Cuando no se cuenta con un registro de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida debe ser determinada empleando los valores del siguiente cuadro:

TABLA 16: Resistencia promedio a la compresión cuando no hay datos para establecer la desviación estándar

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

FUENTE: (MVCS & SENCICO, 2009) Norma E-060

b) **Selección del asentamiento:** La consistencia es aquella propiedad del concreto que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia las mezclas de concreto las clasificamos en:

- ❖ **Mezclas secas:** Aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (0 mm a 50mm).
- ❖ **Mezclas plásticas:** Aquellas cuyo asentamiento esta entre tres y cuatro pulgadas (75mm a 100 mm).
- ❖ **Mezclas fluidas:** Aquellas cuyo asentamiento esta entre cinco a mas pulgadas (mayor a 125 mm).

De todos ellos se considera que el ensayo de determinación del asentamiento, medido con el Cono de Abrams, es aquel que da una mejor idea de las características de la mezcla de concreto.

- c) **Establecimiento de la cantidad de agua por m3 de concreto:** en función de las cantidades de trabajabilidad, el Tamaño Máximo de los agregados y ocasionalmente el Tipo de Cemento

TABLA 17: Cantidades aproximadas de agua de amasado y contenido de aire

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----
% de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderada	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

FUENTE: (Pasquel Carbajal, 1998) Tópicos de tecnología del concreto en el Perú

d) Definición de la relación agua/ cemento: en peso en base a la resistencia en compresión solicitada o requisitos de durabilidad.

TABLA 18: Relación Agua-Cemento según resistencia a compresión

f'c a 28 Días (Kg/cm2)	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	----
400	0.42	----
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

FUENTE: (Pasquel Carbajal, 1998) Tópicos de tecnología del concreto en el Perú

e) Calculo de la cantidad de cemento en peso: En función de la relación Agua/Cemento y la cantidad de agua definidas en (a) y (b):

$$\text{Cemento (Kg)} = \frac{\text{Peso del Agua (Kg)}}{\text{Relación A/C}}$$

f) Cálculo de los volúmenes absolutos del agua y el cemento:

$$\text{Vol. Abs. Cemento (m3)} = \frac{\text{Peso del cemento (Kg)}}{\text{Peso Específico Cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\text{Vol. Abs. Agua (m3)} = \frac{\text{Peso del Agua (Kg)}}{\text{Peso Específico Agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

g) Obtención del volumen absoluto del agregado grueso: se determinan también en la tabla 19 en donde influye el Tamaño Máximo Nominal, y el Módulo de fineza del agregado fino.

TABLA 19: Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de finza de la arena

Tamaño Máximo de agregado	Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de finza de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

FUENTE: (Pasquel Carbajal, 1998) Tópicos de tecnología del concreto en el Perú

h) Obtención del volumen absoluto del agregado fino: Determinado a través de la resta de 1m³ con los volúmenes hallados de cemento, agua, agregado grueso y aire.

$$\text{Vol. Fino} = 1\text{m}^3 - \text{Vol. Cemento (m}^3) - \text{Vol. Agua (m}^3) - \text{Vol. Aire (m}^3) - \text{Vol. Grueso (m}^3)$$

$$\text{Peso Piedra (kg)} = \text{Vol. Abs. Piedra (m}^3) \times \text{Peso. Espec. Piedra (kg/m}^3)$$

$$\text{Peso Arena (kg)} = \text{Vol. Abs. Arena (m}^3) \times \text{Peso Espec. Arena (kg/m}^3)$$

i) Correcciones por humedad y absorción del diseño:

$$\text{Peso Húmedo Piedra (kg)} = \text{Peso Piedra (kg)} \times (1 + \text{Humedad Piedra})$$

$$\text{Peso Húmedo Arena (kg)} = \text{Peso Arena (kg)} \times (1 + \text{Humedad Arena})$$

$$\text{Balance Agua en la Piedra (\%)} = \text{Humedad Piedra} - \text{Absorción Piedra}$$

$$\text{Balance Agua en la Arena (\%)} = \text{Humedad Arena} - \text{Absorción Arena}$$

$$\text{Contribución Agua Piedra (kg)} = \text{Balance Piedra (\%)} \times \text{Peso Húmedo Piedra (kg)}$$

$$\text{Contribución Agua Arena (kg)} = \text{Balance Arena (\%)} \times \text{Peso Húmedo Arena (kg)}$$

$$\text{Agua Final} = \text{Agua (kg)} - \text{Contr. Agua Piedra (kg)} - \text{Contr. Agua Arena (kg)}$$

j) Diseño final: Colocar los valores corregidos de la siguiente forma

❖ Agua Final (kg)

❖ Peso Húmedo Piedra (kg)

- ❖ Peso Húmedo Arena (kg)
- ❖ Peso Cemento (kg)

TABLA 20: Asentamientos recomendados para diversos tipos de obra

Tipo de Estructuras	Slump máximo	Slump mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras.	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

FUENTE: (Pasquel Carbajal, 1998) Tópicos de tecnología del concreto en el Perú

2.2.1.8 RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO EN EL LABORATORIO DE MUESTRAS DE CONCRETO PARA ENSAYOS DE LABORATORIO:

(MTC, 2016), Nos presenta recomendaciones para la elaboración y el curado para obtener muestras de ensayos en laboratorio esta información está basada en la Norma Técnica Peruana NTP 339.183.

- **NÚMERO DE MUESTRAS:**

Para cada edad deben elaborarse tres o más muestras. Los especímenes de ensayo que tienen en cuenta el análisis de una variable, deben ser elaborados a partir de tres bachadas separadas, mezcladas en días diferentes. En todas las bachadas debe elaborarse un número igual de especímenes. Cuando sea imposible moldear al menos un espécimen para cada variable en un día determinado, la mezcla para completar la serie entera de especímenes debe efectuarse tan pronto como sea posible (cuestión de pocos días), y una de las mezclas debe ser repetida cada día, como un estándar de comparación.

Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 a 28 días para compresión a edades de 14 y 28 días para flexión. A menos que se especifique otra cosa, las muestras se deben mantener en condiciones de humedad con temperatura de $23,0^{\circ} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

La investigación es del tipo CUANTITATIVO, (Monje Álvarez, 2011) nos proporciona un proceso para investigaciones cuantitativas que se asemeja en la mayoría al proceso que seguirá esta investigación.

FIGURA 11: Estructura Lógica del proceso de Investigación



FUENTE: (Monje Álvarez, 2011) Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa “Guía Didáctica”

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN:

Esta investigación es del nivel DESCRIPTIVO – CON ALCANCE RELACIONAL, (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006) nos indican que los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas. Y las investigaciones relacionales asocia las variables implicando el cambio de una respecto a la otra.



3.1.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN:

El método de la investigación es HIPOTÉTICA-DEDUCTIVA, (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006) nos indican que al inicio se propone una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. En el primer caso arriba a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos. Es la vía primera de inferencias lógico-deductiva para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente.

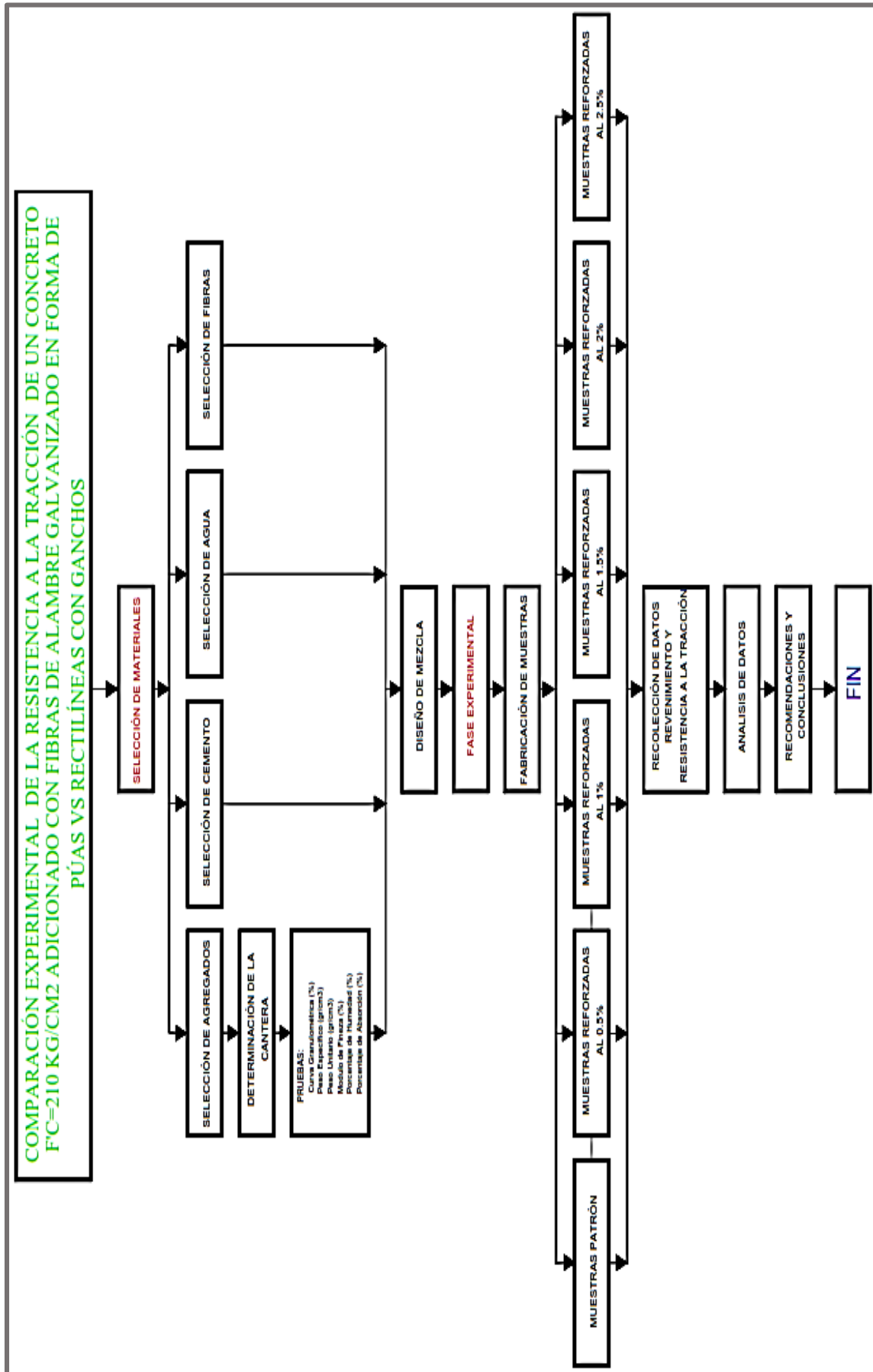
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.2. DISEÑO METODOLÓGICO:

El diseño del trabajo de investigación será EXPERIMENTAL debido a que los diseños experimentales manipulan de variables independientes. El investigador decide los niveles que corresponderán a cada grupo de sujetos. La variable se manipula con diferentes niveles que asigna el investigador, (Bisquerra Alzina, 2004).

3.2.3. DISEÑO DE INGENIERÍA:

FIGURA 12: Diseño de Ingeniería





3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.2. POBLACIÓN

3.3.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN:

En el caso de la investigación la población está conformada por concreto adicionado con fibras de alambre galvanizado en porcentajes de 0.5% ,1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% en formas de púas y rectilíneas con gancho.

3.3.2.2. CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN:

La población está conformada por concretos con agregado grueso de la cantera de Vichos y agregado fino de la cantera de Cunyac adicionados con alambre galvanizado en formas de púas y rectilíneos con gancho con porcentajes de 0.5% ,1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% las cuales serán sometidas a ensayos de tracción indirecta.

3.3.3. MUESTRA

3.3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

La muestra que se tomó para la investigación está conformada por concretos con agregado grueso de la cantera de Vichos y agregado fino de la cantera de Cunyac adicionados con alambre galvanizado en formas de púas y rectilíneos con gancho con porcentajes de 0.5% ,1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%.

3.3.3.2. CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

El método de evaluación de la tesis a desarrollar será el ensayo de tracción indirecta Split Test en donde variaremos los porcentajes de alambre galvanizado en forma de púas y rectilíneos con gancho obteniendo una cantidad de 144.

3.3.3.3. MÉTODO DE MUESTREO:

Se usará el método no probabilístico por que se fabricaran elementos de prueba que cumplirán ciertas características especiales de elementos sometidos a tracción indirecta. El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades a ser seleccionadas

3.3.3.4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA

Para la evaluación de la muestra se tomara en cuenta lo siguiente:

- Se someterán a ensayos de tracción indirecta por el método Split Test.
- Se someterán a ensayo de las briquetas a los 7, 14 y 28 días de edad.
- Se adicionaran las fibras en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%.
- El ensayo de revenimiento se realizaran mediante el Cono de Abrams.
- Se verificará la forma final de las briquetas evitando que estas tengan cangrejas y rechazando las muestras que las contengan.
- Se tomara en cuenta únicamente los datos de las briquetas que presenten las fallas adecuadas al momento de realizar los respectivos ensayos.

3.3.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

• CRITERIOS DE INCLUSIÓN DEL AGREGADO:

- ❖ El agregado grueso deberá provenir de la cantera de Vichos.
- ❖ El tamaño máximo nominal del agregado será de $\frac{3}{4}$ ".
- ❖ El agregado fino deberá provenir de la cantera de Cunyac.
- ❖ El confitillo para mejorar las características del agregado fino deberá ser de la cantera de Vichos.
- ❖ Los agregados tendrán una gradación correcta para su granulometría tanto para finos como para gruesos.
- ❖ Los agregados tendrán que cumplir con los límites establecidos por la norma.

• CRITERIOS DE INCLUSIÓN DEL CEMENTO

- ❖ El cemento será de marca YURA.
- ❖ El tipo de cemento será Portland IP.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN DEL AGUA

- ❖ El agua que se usara será potable suministrada por la empresa SEDACUSCO.

• CRITERIOS DE INCLUSIÓN DE LAS FIBRAS

- ❖ Serán fabricadas con alambre galvanizado simple.
- ❖ El alambre galvanizado tendrá un diámetro de 1.2mm.

- ❖ La forma de púas serán obtenidas del alambre de púas marca PRODAC, tipo ANDINO PLUS de 250m.
 - ❖ La forma rectilínea con ganchos serán fabricadas con el mismo material con una longitud de 6 cm.
 - ❖ La obtención de las fibras será de forma manual.
- **CRITERIOS DE INCLUSIÓN DEL CONCRETO PATRÓN**
 - ❖ Tendrá una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm².
 - ❖ El revenimiento variará entre 3” a 4”.

3.4. INSTRUMENTOS

3.4.1. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS:

TABLA 21: Formato para la recolección de datos del ensayo granulométrico de agregado grueso

ENSAYO:		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS AGREGADO GRUESO 3/4" PARA CONCRETO						
TESIS:		EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%						
CANTERA:		VICHOS			FECHA:			
LABORATORIO:		FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
TESISTAS:		PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA						

PESO MUESTRA ENSAYADA (PM) =	gr.
-------------------------------------	------------

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) ($PRC_i / \sum PRC$)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) ($PRA_i + PPR_{i+1}$)	PORCENTAJE QUE PASA ($100 - PRA_i$)	LIMITE INFERIOR (NTP 400.037) <u>HUSO 6Z</u>	LIMITE SUPERIOR (NTP 400.037) <u>HUSO 6Z</u>
2"	50.80						-	-
1 1/2"	38.10						-	-
1"	25.40						100%	100%
3/4"	19.05						90%	100%
1/2"	12.70						-	-
3/8"	9.53						20%	55%
N°4	4.76						0%	10%
N°8	2.36						0%	5%
FONDO								

ERROR =	gr. →
----------------	--------------

TABLA 22: Formato para la recolección de datos del ensayo granulométrico de agregado fino

ENSAYO: CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL AGREGADO FINO PARA CONCRETO									
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO									
TESIS: F ^c =210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%									
CANTERA: CUNYAC					FECHA:				
LABORATORIO: FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESISTAS: PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA									

PESO MUESTRA A ENSAYAR (PM) =	gr.
--------------------------------------	------------

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) <small>(PRC_i / ΣPRC)</small>	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) <small>(PRA_i + PPR_{i+1})</small>	PORCENTAJE QUE PASA <small>(100 - PRA_i)</small>	LIMITE INFERIOR <small>(NTP 400.037)</small>	LIMITE SUPERIOR <small>(NTP 400.037)</small>
3/8"	9.53						100%	100%
N°4	4.76						95%	100%
N°8	2.36						80%	100%
N°16	1.19						50%	85%
N°30	0.60						25%	60%
N°50	0.30						10%	30%
N°100	0.15						2%	10%
FONDO								

ERROR =	gr.	→	
----------------	------------	---	--

TABLA 23: Formato para la recolección de datos del ensayo granulométrico confitillo

ENSAYO: CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL CONFITILLO									
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO									
TESIS: F ^c =210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%									
CANTERA: VICHOS					FECHA:				
LABORATORIO: FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESISTAS: PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA									

PESO MUESTRA A ENSAYAR (PM) =	gr.
--------------------------------------	------------

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) <small>(PRC_i / ΣPRC)</small>	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) <small>(PRA_i + PPR_{i+1})</small>	PORCENTAJE QUE PASA <small>(100 - PRA_i)</small>	LIMITE INFERIOR <small>(NTP 400.037)</small>	LIMITE SUPERIOR <small>(NTP 400.037)</small>
3/8"	9.53						100%	100%
N°4	4.76						95%	100%
N°8	2.36						80%	100%
N°16	1.19						50%	85%
N°30	0.60						25%	60%
N°50	0.30						10%	30%
N°100	0.15						2%	10%
FONDO								

ERROR =	gr.	→	
----------------	------------	---	--

TABLA 24: Formato para la recolección de datos porcentaje que pasa la malla N° 200 por lavado

ENSAYO:	PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200 (AGREGADO GRUESO 3/4")		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERA:	VICHOS	FECHA:	
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA		

Peso original de la muestra seca (B) =		gr.
Peso de la muestra seca, despues de lavada (C) =		gr.
Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado (A) =		%

$$A = \left[\frac{B - C}{B} \right] \times 100$$

TABLA 25: Formato para la recolección de datos gravedad específica y absorción agregado grueso

ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (AGREGADO GRUESO 3/4")		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERA:	VICHOS	FECHA:	
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA		

Peso en el aire de la muestra seca (A) =		gr.
Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (B) =		gr.
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (C) =		gr.

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B - C} =$$

$$\text{Peso Específico Aparente(SSS)} = \frac{B}{B - C} =$$

$$\text{Peso Específico Nominal} = \frac{A}{A - C} =$$

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

TABLA 26: Formato para la recolección de datos gravedad específica y absorción agregado fino combinado

ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (AGREGADO FINO COMBINADO)	
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%	
CANTERAS:	CUNYAC Y VICHOS	FECHA:
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA	

Peso en el aire de la muestra desecada (A) =		gr.
Peso del picnómetro aforado lleno de agua (B) =		gr.
Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua (C) =		gr.
Peso de la muestra saturada con superficie seca (S) =		gr.

$$\text{Peso Especifico Aparente} = \frac{A}{B + S - C} =$$

$$\text{Peso Especifico Aparente (SSS)} = \frac{S}{B + S - C} =$$

$$\text{Peso Especifico Nominal} = \frac{A}{B + A - C} =$$

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

TABLA 27: Formato para la recolección de datos peso unitario agregado grueso

ENSAYO:	PESO UNITARIO COMPACTADO (AGREGADO GRUESO 3/4")	
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%	
CANTERA:	VICHOS	FECHA:
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA	

Peso Recipiente =		kg.
Peso Recipiente + Muestra =		kg.

Peso Muestra =		kg.
----------------	--	-----

DIMENSIONES DEL RECIPIENTE		
Radio =		m
Altura =		m
VOLUMEN =		m³

PESO UNITARIO (VICHOS) =		kg/m ³
--------------------------	--	-------------------

TABLA 28: Formato para la recolección de datos contenido de humedad agregado grueso

ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO GRUESO 3/4")		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERA:	VICHOS	FECHA:	
LABORATORIO:	GOBIERNO MUNICIPAL DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA		

Peso de la muestra húmeda =		gr.
Peso de la muestra secada al horno =		gr.

Porcentaje de contenido de humedad =		%
--------------------------------------	--	---

TABLA 29: Formato para la recolección de datos contenido de humedad agregado fino combinado

ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO FINO COMBINADO)		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERAS:	VICHOS Y CUNYAC	FECHA:	
LABORATORIO:	GOBIERNO MUNICIPAL DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA		

Peso de la muestra húmeda =		gr.
Peso de la muestra secada al horno =		gr.

Porcentaje de contenido de humedad =		%
--------------------------------------	--	---

TABLA 30: Formato para la recolección de datos control de temperatura

ENSAYO:	CONTROL DE TEMPERATURA DE CURADO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA		

POZO			
FECHA	TEMPERATURA MAÑANA (°C)	TEMPERATURA TARDE (°C)	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)

POZO			
FECHA	TEMPERATURA MAÑANA	TEMPERATURA TARDE	TEMPERATURA PROMEDIO

TABLA 31: Formato para la recolección de datos dimensiones y características de las briquetas

ENSAYO:		DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS BRIQUETAS					
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%						
LABORATORIO:	CASA PROPIA	EDAD:	07 DIAS				
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA						

TANDA	CODIGO	FECHA ELABORACIÓN	DIAMETRO ARRIBA (cm)		DIAMETRO ABAJO (cm)		ALTURA (cm)
			D1	D2	D1	D2	

TABLA 32: Formato para la recolección de datos revenimiento del concreto

ENSAYO:		SLUMP DEL CONCRETO PATRÓN					
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%						
LABORATORIO:	CASA PROPIA	EDAD DE MUESTRA:					
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA						

MUESTRA	FECHA ENSAYO	EDAD DE MUESTRA	SLUMP				
			días		cm.		pulg.
			días		cm.		pulg.
			días		cm.		pulg.
			días		cm.		pulg.
			días		cm.		pulg.
			días		cm.		pulg.
REVENIMIENTO PROMEDIO:				0.00	cm.	0.00	pulg.

TABLA 33: Formato para la recolección de datos resistencia a la compresión

ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS PATRÓN							
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO							
TESIS: F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%							
LABORATORIO: UNITEST				EDAD:			
TESISTAS: PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA							

Código	Díámetro (cm) (D)	Altura (cm)	Área (cm ²) $(\pi/4) * D^2$	Carga Máxima (Kg) (P)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) P/Área	Edad del Especímen (Días)	Tipo de falla
RESISTENCIA COMPRESIÓN PROMEDIO:					0.00	kg/cm²	

TABLA 34: Formato para la recolección de datos resistencia a la tracción indirecta

ENSAYO: TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS ESTANDAR DE CONCRETO						
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO						
TESIS: F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%						
LABORATORIO: UNITEST				EDAD:		
TESISTAS: PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA						

TIPO DE MEZCLA =				PATRÓN - 07 DIAS		
-------------------------	--	--	--	-------------------------	--	--

CÓDIGO	FECHA ROTURA	DIAMETRO (d) (cm)	LONGITUD (L) (cm)	CARGA MÁXIMA (P) (KN)	CARGA MÁXIMA (P) (Kg)	ESFUERZO A TRACCIÓN $(2*P)/(\pi*L*d)$
RESISTENCIA TRACCIÓN INDIRECTA:						0.00 kg/cm²



3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA

- Centrador de probeta cilíndrica.
- Vernier (pie de rey).
- Máquina de compresión axial.
- Briquetas estándar.
- Balanza.
- Cono de Abrams de medidas estándar.
- Varilla para apisonado de fierro liso de diámetro 5/8", punta redondeada L=60cm
- Tamices.
- Zaranda mecánica de tamices.
- Picnómetro.
- Cono de absorción.
- Compactador.
- Recipiente de medida (molde de CBR).
- Mezcladora.

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

a) EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Tamizador Eléctrico.
- Tamices.
- Recipientes.
- Brocha.
- Escobilla de Acero.

b) MUESTREO

1. Se mezcló la muestra y se redujo mediante el ensayo de cuarteo manual. El agregado tenía la suficiente humedad para evitar la segregación y pérdida de finos.

FIGURA 13: Método de cuarteo manual en agregado grueso



FIGURA 14: Método de cuarteo manual en agregado fino



2. Se tamizo el confitillo por malla n° 4 para eliminar todo material retenido.

FIGURA 15: Tamizado de todo el confitillo por malla n° 4



c) PROCEDIMIENTO

1. Se encajaron los tamices adecuados en orden decreciente, por tamaño de abertura, para colocar la muestra sobre el tamiz superior.

FIGURA 16: Selección de los tamices y colocación de la muestra

2. Se efectuó el tamizado de forma mecánica por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

FIGURA 17: Colocación de los mallas para el proceso de tamizado mecánico

3. Se determinaron los pesos de las muestras retenidas en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido, el peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación.

FIGURA 18: Determinación de los pesos retenidos en cada tamiz



d) TOMA DE DATOS

TABLA 35: Toma de datos análisis granulométrico agregado grueso

ENSAYO:		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS AGREGADO GRUESO 3/4" PARA CONCRETO						
TESIS:		EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%						
CANTERA:		VICHOS		FECHA:		12/06/2017		
LABORATORIO:		FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
TESISTAS:		PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA						
PESO MUESTRA ENSAYADA (PM) =		5616.10		gr.				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) <small>($PRC_i / \sum PRC$)</small>	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) <small>($PRA_i + PPR_{i+1}$)</small>	PORCENTAJE QUE PASA <small>($100 - PRA_i$)</small>	LIMITE INFERIOR <small>(NTP 400.037) HUSO 67</small>	LIMITE SUPERIOR <small>(NTP 400.037) HUSO 67</small>
2"	50.80	-					-	-
1 1/2"	38.10	-					-	-
1"	25.40	0.00					100%	100%
3/4"	19.05	588.10					90%	100%
1/2"	12.70	-					-	-
3/8"	9.53	3521.00					20%	55%
N°4	4.76	1359.40					0%	10%
N°8	2.36	46.80					0%	5%
FONDO		96.90						
		5612.20						
ERROR =		gr.		→				

TABLA 36: Toma de datos análisis granulométrico agregado fino (Arena Cunyac)

ENSAYO: CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL AGREGADO FINO PARA CONCRETO								
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO								
TESIS: F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%								
CANTERA: CUNYAC			FECHA: 12/06/2017					
LABORATORIO: FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
TESISTAS: PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA								
PESO MUESTRA A ENSAYAR (PM) = 1015.20 gr.								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) <small>(PRC_i / ΣPRC)</small>	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) <small>(PRA_i + PPR_{i+1})</small>	PORCENTAJE QUE PASA <small>(100 - PRA_i)</small>	LIMITE INFERIOR <small>(NTP 400.037)</small>	LIMITE SUPERIOR <small>(NTP 400.037)</small>
3/8"	9.53	-					100%	100%
N°4	4.76	-					95%	100%
N°8	2.36	4.10					80%	100%
N°16	1.19	23.60					50%	85%
N°30	0.60	146.40					25%	60%
N°50	0.30	441.80					10%	30%
N°100	0.15	308.00					2%	10%
FONDO		88.80						
		1012.70						
ERROR = gr. →								

TABLA 37: Toma de datos análisis granulométrico agregado fino (Confitillo Vichos)

ENSAYO: CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL CONFITILLO								
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO								
TESIS: F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%								
CANTERA: VICHOS			FECHA: 12/06/2017					
LABORATORIO: FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
TESISTAS: PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA								
PESO MUESTRA A ENSAYAR (PM) = 816.00 gr.								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESOS RETENIDOS CORREGIDOS (PRC)	PORCENTAJE PESO RETENIDO (PPR) <small>(PRC_i / ΣPRC)</small>	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (PRA) <small>(PRA_i + PPR_{i+1})</small>	PORCENTAJE QUE PASA <small>(100 - PRA_i)</small>	LIMITE INFERIOR <small>(NTP 400.037)</small>	LIMITE SUPERIOR <small>(NTP 400.037)</small>
3/8"	9.53	-					100%	100%
N°4	4.76	-					95%	100%
N°8	2.36	302.30					80%	100%
N°16	1.19	221.80					50%	85%
N°30	0.60	134.60					25%	60%
N°50	0.30	73.50					10%	30%
N°100	0.15	38.60					2%	10%
FONDO		43.00						
		813.80						
ERROR = gr. →								

3.5.2. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE N° 200 POR LAVADO (MTC E 202)

a) EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Horno.
- Tamiz n° 200.
- Recipiente.

b) MUESTREO

1. Se mezcló uniformemente la muestra de agregado a ser ensayado y se redujo por cuarteo hasta una cantidad suficiente para ensayo.

c) PROCEDIMIENTO

1. Se secó la muestra de ensayo en el horno, hasta peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, luego se determinó la masa de la muestra de ensayo.
2. Se colocó la muestra de ensayo en el recipiente y se le agregó la suficiente cantidad de agua para cubrirla, posteriormente se agitó vigorosamente la muestra con el fin de separar todas las partículas más finas que el tamiz n° 200. De inmediato se vertió el agua de lavado con el material fino en suspensión sobre el tamiz n°200, se repitió esta operación hasta que el agua de lavado estuvo clara.

FIGURA 19: Lavado del agregado grueso por el tamiz n° 200



3. Se secó el agregado lavado hasta obtener un peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C y se volvió a determinar el peso de la muestra.

FIGURA 20: Secado de la muestra de agregado grueso después de ser lavada



d) TOMA DE DATOS

TABLA 38: Toma de datos cantidad de material fino que pasa malla n° 200

ENSAYO:	PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200 (AGREGADO GRUESO 3/4")		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'c=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERA:	VICHOS	FECHA:	13/06/2017
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA		

Peso original de la muestra seca (B) =	3149.70	gr.
Peso de la muestra seca, después de lavada (C) =	3126.80	gr.
Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado (A) =		%

$$A = \left[\frac{B - C}{B} \right] \times 100$$

3.5.3. PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS (MTC E 203)

a) EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Horno.
- Recipiente metálico cilíndrico.
- Varilla compactadora de acero.
- Pala de mano.

b) PROCEDIMIENTO

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO COMPACTADO (VARILLADO):

PROCEDIMIENTO DE APISONADO: para agregados de tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1 1/2") o menos.

1. Se llenó la tercera parte del recipiente con el agregado, y se emparejó la superficie con los dedos. Luego se apisonó la capa de agregado con 25 golpes con el extremo semiesférico de la varilla distribuidos uniformemente, seguidamente se llenó las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar y apisonar la muestra. Finalmente se terminó de llenar el recipiente hasta colmarlo y se apisonó de la manera antes mencionada. Al apisonar la primera capa, se debía evitar que la varilla golpee el fondo del recipiente, de la misma forma al apisonar las capas superiores, se aplicó la fuerza necesaria para que la varilla atravesase solamente la respectiva capa.

FIGURA 21: Relleno y apisonado de la muestra de agregado grueso



2. Una vez colmado el recipiente, se enrasó la superficie con la varilla, usándola como regla y se determinó el peso con ayuda de una balanza.

FIGURA 22: Enrasado para la determinación del peso de la muestra varillada



- Se determinó el volumen y peso del recipiente vacío, se registró dicho peso con aproximación de 5 gr.

FIGURA 23: Determinación de las características del recipiente usado para el peso unitario



c) TOMA DE DATOS

TABLA 39: Toma de datos peso unitario compactado (varillado) del agregado grueso

ENSAYO: PESO UNITARIO COMPACTADO (AGREGADO GRUESO 3/4")		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%	
CANTERA:	VICHOS	FECHA: 12/06/2017
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA	
Peso Recipiente =	4.178	kg.
Peso Recipiente + Muestra =	12.490	kg.
Peso Muestra =		kg.
DIMENSIONES DEL RECIPIENTE		
Radio =	0.075	m
Altura =	0.300	m
VOLUMEN =		m³
PESO UNITARIO (VICHOS) =		kg/m³

3.5.4. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS (MTC E 205)

a) EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Horno.
- Frasco volumétrico (Picnómetro).
- Cono de absorción.

- Varilla de apisonado.
- Cocina eléctrica.
- Recipiente.
- Espátula.
- Bomba de Vacío.

b) MUESTREO

1. Se mezcló uniformemente para reducir la muestra por cuarteo hasta obtener un espécimen de ensayo de aproximadamente 1 kg.
2. Se cubrió con agua el agregado fino combinado para dejarlo reposar durante 24 horas. Luego se decantó el agua evitando la pérdida de finos y se colocó sobre una superficie plana expuesta a una fuente de calor, removiendo frecuentemente para el secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.

FIGURA 24: Preparación de la muestra de agregado fino para gravedad específica



3. Se colocó la muestra en el molde cónico y se golpeó en la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado, posteriormente se levantó el molde para determinar la condición de superficie seca.

FIGURA 25: Verificación de la condición de superficie seca en el agregado fino

**c) PROCEDIMIENTO**

1. Se introdujo en el frasco una muestra de 500 g de material preparado y se llenó parcialmente con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³. Seguidamente se llevó al horno otra muestra de 500 g para determinar el peso de la muestra desecada.

FIGURA 26: Colocación de la muestra de agregado fino dentro del frasco



2. Se agito el frasco para eliminar burbujas de aire de manera manual y con ayuda de la bomba de vacío se sacó el aire atrapado restante.

FIGURA 27: Eliminación de burbujas para determinar la gravedad específica



- Después de se eliminara las burbujas de aire, se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada y así se determinó el peso total del frasco, espécimen y agua.

FIGURA 28: Determinación de los pesos necesarios para obtener la gravedad específica



d) TOMA DE DATOS

TABLA 40: Toma de datos gravedad específica y absorción de agregados finos

ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (AGREGADO FINO COMBINADO)		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'c=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERAS:	CUNYAC Y VICHOS	FECHA:	13/06/2017
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA		

Peso en el aire de la muestra desecada (A) =	488.40	gr.
Peso del picnómetro aforado lleno de agua (B) =	648.80	gr.
Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua (C) =	961.50	gr.
Peso de la muestra saturada con superficie seca (S) =	500.00	gr.

3.5.5. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS (MTC E 206)

a) EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Cesta con malla de alambre.
- Depósito de agua.
- Tamiz n° 4.
- Horno.
- Recipiente.
- Franela.

b) MUESTREO

1. Se mezcló la muestra y se la redujo aproximadamente a la cantidad necesaria usando el procedimiento del cuarteo.
2. Se descartó todo el material que pasaba el tamiz n° 4 por tamizado y luego se lavó el material para remover polvo u otras impurezas superficiales. Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.

FIGURA 29: Tamizado y lavado del agregado grueso para determinar la gravedad específica



c) PROCEDIMIENTO

1. Se sacó la muestra del agua y se la colocó sobre un paño grande y absorbente, hasta que desapareció toda película de agua visible en la superficie, posteriormente se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.

FIGURA 30: Secado para determinar el peso de la muestra superficialmente seca

2. Después de pesarla, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en el agua. Se tuvo cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se le sumergía.

FIGURA 31: Colocación y remoción de aire atrapado al pesar la muestra de agregado grueso

3. Se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente y se pesó.

FIGURA 32: Secado de la muestra para posterior determinación del peso



d) TOMA DE DATOS

TABLA 41: Toma de datos gravedad específica y absorción de agregados gruesos

ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (AGREGADO GRUESO 3/4")		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERA:	VICHOS	FECHA:	13/06/2017
LABORATORIO:	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVAN MERCADO USCAMAYTA		

Peso en el aire de la muestra seca (A) =	3453.80	gr.
Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (B) =	3478.70	gr.
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (C) =	2197.70	gr.

3.5.6. MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO (MTC E 215)

a) EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza.
- Horno.
- Recipientes.

b) MUESTREO

1. Se obtuvo una muestra representativa para el ensayo de contenido de humedad y se la protegió contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

c) PROCEDIMIENTO

1. Se determinó el peso húmedo de las muestras.

FIGURA 33: Determinación del peso húmedo de los agregados



2. Se secó la muestra en un recipiente por medio de un horno, teniendo cuidado de evitar la pérdida de alguna partícula.

FIGURA 34: Determinación del contenido de humedad mediante horno de los agregados



3. Se determinó la masa de la muestra seca dejando enfriar lo suficiente para no dañar la balanza.

FIGURA 35: Determinación de los pesos después de realizar el secado



d) TOMA DE DATOS

TABLA 42: Toma de datos contenido de humedad del agregado grueso

ENSAYO:		CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO GRUESO 3/4")	
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERA:	VICHOS	FECHA:	05/08/2016
LABORATORIO:	GOBIERNO MUNICIPAL DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA		
Peso de la muestra húmeda =		3503.30	gr.
Peso de la muestra secada al horno =		3466.60	gr.
Porcentaje de contenido de humedad =		%	

TABLA 43: Toma de datos contenido de humedad del agregado fino

ENSAYO:		CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO FINO COMBINADO)	
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y REVENIMIENTO DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 ADICIONADO CON FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS VS RECTILÍNEAS CON GANCHOS, EN PORCENTAJES DE 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% Y 2.5%		
CANTERAS:	VICHOS Y CUNYAC	FECHA:	05/08/2016
LABORATORIO:	GOBIERNO MUNICIPAL DEL CUSCO		
TESISTAS:	PAOLO CÉSAR ARCONDO AZURÍN - EULER IVÁN MERCADO USCAMAYTA		
Peso de la muestra húmeda =		1000.00	gr.
Peso de la muestra secada al horno =		972.00	gr.
Porcentaje de contenido de humedad =		%	

3.5.7. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE HORMIGÓN
(CONCRETO) EN EL LABORATORIO (MTC E 702)

a) EQUIPOS Y MATERIALES

- Briqueteras metálicas.
- Varilla Compactadora.
- Martillo de goma.
- Balanza.
- Mezcladora de concreto.
- Tamiz n° 4.
- Palas.
- Carretilla.
- Termómetros.
- Termostatos 200W.
- Guantes de caucho.

- Cemento.
- Agua.
- Agregados.
- Rollos de alambre de púas de alambre galvanizado simple.
- Instalaciones eléctricas.
- Martillo y clavos.
- Tecnoport.
- Plástico grueso impermeable.
- Alicates y Wincha (Metro).
- Nivel de ingeniero.
- Serrucho y arco de sierra.

b) PROCEDIMIENTO

➤ FABRICACIÓN DE FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA DE PÚAS:

1. Se cortó todas las púas dejando material adicional a una distancia de 1 cm. aproximadamente a cada lado de estas.

FIGURA 36: Corte manual de las púas de alambre galvanizado



2. Se ajustó las fibras para evitar que estas se desarmen al momento del mezclado.

FIGURA 37: Ajuste de las púas para asegurar su forma



3. Se terminó de cortar el alambre adicional lo más pegado posible a la púa.

FIGURA 38: Corte final y obtención de las fibras en forma de púas



➤ **FABRICACIÓN DE FIBRAS DE ALAMBRE GALVANIZADO EN FORMA RECTILÍNEAS CON GANCHOS:**

1. Se desenrollaron los retazos de alambre obtenidos después de cortar las púas y posteriormente se enderezaron para poder trabajar con fibras rectas.

FIGURA 39: Desenrollado y enderezado del alambre galvanizado

